

**KUALITAS FISIK, KIMIA DAN MIKROBIOLOGI SUSU PASTEURISASI YANG
DIKEMAS MENGGUNAKAN METODE PENGISIAN PANAS (HOT FILLING)
PADA SUHU PENYIMPANAN BERBEDA DI BALAI BESAR PELATIHAN
PETERNAKAN (BBPP) BATU**

SKRIPSI

Oleh:

AYU IRHONI ROSADI

NIM 135100107111013

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh
gelar Sarjana Teknologi Pertanian



JURUSAN TEKNOLOGI HASIL PERTANIAN

FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

MALANG

2017

LEMBAR PERSETUJUAN

Judul Skripsi : Kualitas Fisik Kimia dan Mikrobiologi Susu Pasteurisasi
yang dikemas Menggunakan Metode Pengisian Panas
(*Hot Filling*) Pada Suhu Penyimpanan Berbeda di Balai
Besar Pelatihan Peternakan (BBPP) Batu

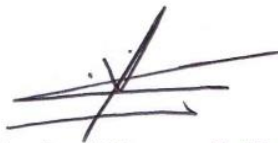
Nama : Ayu Irhoni Rosadi

Nim : 135100107111013

Jurusan : Teknologi Hasil Pertanian

Fakultas : Teknologi Pertanian

Dosen Pembimbing I,



Dr. Ir. Joni Kusnadi, M.Si.

NIP 19620612 198703 1 031

Tanggal Persetujuan :

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Skripsi : Kualitas Fisik Kimia dan Mikrobiologi Susu Pasteurisasi
yang dikemas Menggunakan Metode Pengisian Panas
(Hot Filling) Pada Suhu Penyimpanan Berbeda di Balai
Besar Pelatihan Peternakan (BBPP) Batu

Nama Mahasiswa : Ayu Irhoni Rosadi

Nim : 135100107111013

Jurusan : Teknologi Hasil Pertanian

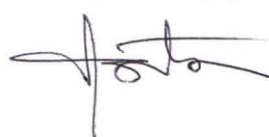
Fakultas : Teknologi Pertanian

Dosen Penguji I,

**Kiki Fibrianto, STP, M.Phil, PhD.**

NIP 19820206 200501 1 001

Dosen Penguji II,

**Agustin Krisna W., STP, M.Si, PhD.**

NIP. 19690807 199702 2 001

Dosen Pembimbing I,

**Dr. Ir. Joni Kusnadi, M.si.**

NIP 19620612 198703 1 031



Ketua Jurusan,

Prof. Dr. Teti Estiasih, STP., MP.

NIP. 19701226 200212 2 001

Tanggal Lulus:



Bismillahirrohmanirrohim.....

Perjuangan merupakan pengalaman berharga yang dapat menjadikan kita manusia yang berkualitas

Dengan mengucapkan rasa syukur kehadirat Allah SWT yang telah memberikan kebahagiaan kepadaku di dunia ini dengan memberikan orang-orang yang terbaik di sekitarku dan untuk hidupku

Semoga ridho-Nya selalu mengiringi setiap langkah hidupku sehingga kesuksesan dan kebahagiaan menjadi akhir dari semua perjuangan yang mesti kutempuh

Skripsi ini ku persembahkan kepada Ayah, Ibu, Adik, serta Sahabat yang mengiringi langkahku dan senantiasa memberi motivasi, semangat serta do'a dan kasih sayangnya yang menjadi jembatan perjalanan hidupku

Semoga ilmu yang saya miliki dapat bermanfaat di dunia hingga di akhirat

Amin Ya Rabbal alamin

Orang yang pintar bukanlah orang yang merasa pintar,
akan tetapi ia adalah orang yang merasa
bodoh, dengan begitu ia tak akan pernah
berhenti untuk terus belajar

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Mahasiswa : Ayu Irhoni Rosadi

NIM : 135100107111013

Jurusan : Teknologi Hasil Pertanian

Fakultas : Teknologi Pertanian

Judul Skripsi : Kualitas Fisik, Kimia dan Mikrobiologi Susu Pasteurisasi
yang Dikemas Menggunakan Metode Pengisian Panas
(Hot Filling) Pada Suhu Penyimpanan Berbeda Di Balai
Besar Pelatihan Peternakan (BBPP) Batu

Menyatakan bahwa,

Skripsi dengan judul di atas merupakan karya asli penulis serta Dr. Ir. Joni Kusnadi, M.Si., selaku dosen pembimbing. Apabila dikemudian hari terbukti pernyataan ini tidak benar, saya bersedia dituntut sesuai hukum yang berlaku.

Malang, Mei 2017

Pembuatan Pernyataan,

Ayu Irhoni Rosadi

NIM. 135100107111013

Ayu Irhoni Rosadi. 135100107111013. Kualitas Fisik, Kimia dan Mikrobiologi Susu Pasteurisasi yang dikemas Menggunakan Metode Pengisian Panas (*Hot Filling*) pada Suhu Penyimpanan Berbeda di Balai Besar Pelatihan Peternakan (BBPP) Batu. Skripsi. Pembimbing: Dr. Ir. Joni Kusnadi, M.Si.

RINGKASAN

Susu merupakan bahan pangan yang memiliki nilai gizi lengkap dan berpeluang besar untuk pertumbuhan mikroorganisme sehingga diperlukan proses pengolahan lebih lanjut seperti proses pasteurisasi. Pasteurisasi bertujuan membunuh sebagian mikroba patogen dan pembusuk untuk memperpanjang masa simpan susu. Pasteurisasi harus diikuti dengan proses pengemasan yang baik dan penyimpanan pada suhu rendah. Susu pasteurisasi tanpa rasa (*plain*) dikemas dengan pengisian dingin (*cold filling*) memiliki masa simpan 9 hari dalam *cooling room* sehingga berdasarkan data tersebut, maka diperlukan suatu penelitian lanjutan yang berfokus pada proses pengemasan susu pasteurisasi metode pengisian panas (*hot filling*) pada suhu penyimpanan dingin. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh pengisian panas (*hot filling*) dan suhu penyimpanan berbeda terhadap kualitas susu pasteurisasi. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan dua faktor dan tiga kali ulangan. Faktor pertama adalah suhu pengisian (*filling*) (70°C, 60°C, 50°C) serta faktor kedua adalah suhu penyimpanan (*refrigerator* dan *freezer*). Data dianalisa menggunakan *two way ANOVA*. Jika terdapat perbedaan, dilanjutkan dengan uji BNT (Beda Nyata Terkecil) atau DMRT (*Duncan Multiple Range Test*) pada selang kepercayaan 95%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa suhu penyimpanan berpengaruh nyata terhadap nilai pH, viskositas, protein terlarut dan lemak sedangkan interaksi antara suhu pengisian (*filling*) dan suhu penyimpanan berpengaruh nyata terhadap total mikroba susu pasteurisasi ($\alpha < 0,05$). Perlakuan terbaik pada penelitian ini adalah pada susu pasteurisasi dengan suhu *filling* 70°C dan yang disimpan pada *freezer*.

Kata Kunci: *Hot Filling*, Kualitas, Suhu Pengisian (*Filling*), Suhu Penyimpanan, Susu Pasteurisasi

Ayu Irhoni Rosadi. 135100107111013. The Quality of Physical, Chemical and Microbiological Characteristics Toward Pasteurized Milk Using Hot Filling Methodology with Different Storage Temperatures at Balai Besar Pelatihan Peternakan (BBPP), Batu. Thesis.

Supervisor: Dr. Ir. Joni Kusnadi, M.Si.

SUMMARY

Milk as one of the food substances which is rich of nutrient and could gives the opportunities of microorganisms living. It is needed to do a prevention to keep the performance of milk. One of the step is by doing pasteurization. This process purpose to kill pathogen microorganism to lowering microbial number to prolog the quality of the milk. The process should be followed with well packaging and cold temperatures. Plain pasteurized milk that packed with cold filling need to be keep only for 9 days in the cooling room. The result indicates that we need to do further research based on the packaging of pasteurized milk using hot filling at the cold temperatures. This study aimed to observe the effect of hot filling and different storage temperatures toward the quality of pasteurized milk. It used the method of two factors and repeated 3 times used Randomized Block Design. The first factors are filling temperatures (70°C , 60°C , 50°C) and the second factors are storage temperatures (refrigerator and freezer). The data analysis applied the two way ANOVA. If there were different result, it continued the test of LSD (Least Significant Differences) test or DMRT (Ducan Multiple Range Test) with 5% confidence interval. Last, the research showed the storage temperatures influenced the pH's rates, viscosity, fused protein and fat. Meanwhile interaction between the filling temperatures and storage temperatures affected the microorganism in the process of milk's pasteurization ($\alpha < 0,05$). It suggests that the right choice to do milk's pasteurization by applying the filling temperatures at 70°C and keep it at the freezer.

Keywords: Hot Filling, Quality, Filling Temperatues, Storage Temperatures, Pasteurized Milk

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga penyusunan tugas akhir berjudul “Kualitas Fisik, Kimia dan Mikrobiologi Susu Pasteurisasi yang dikemas Menggunakan Metode Pengisian Panas (*Hot Filling*) pada Suhu Penyimpanan yang Berbeda di Balai Besar Pelatihan Peternakan (BBPP) Batu” dapat terselesaikan dengan baik. Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu kewajiban sebagai mahasiswa program strata satu Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya Malang.

Selama penelitian serta penyusunan laporan ini, penulis mendapatkan bantuan dari berbagai pihak, sehingga pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Ir. Joni Kusnadi, M.Si, selaku dosen pembimbing skripsi
2. Ibu Dr. Teti Estiasih, STP, MP. selaku Ketua Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Universitas Brawijaya Malang
3. Semua pihak Balai Besar Pelatihan Peternakan (BBPP) Batu Malang yang telah membantu serta membimbing terlaksananya penelitian ini.
4. Mama Rini Hasdianawati, Abi Lully Marjono dan adik adik tercinta (Nur Fitri Hidayah, Muhammad Shiirathal Mustaqim, Bilqis Atiqah Khazani) serta keluarga yang selalu memberikan dukungan moril dan materil serta selalu memberikan motivasi dalam penyelesaian penelitian dan penyusunan tugas akhir ini
5. Rachmania Mirza, Dila Rahmawati, Anis Lucky, Rizky Fauziyah, Husnul Latifah, Devitasari Dian Pratiwi, Fadhilla Setya, Firdanita Salsabella, Adhelia Christina dan Dodik Budianto yang selalu memberikan dukungan serta motivasi selama perkuliahan, penelitian dan penyusunan laporan dan sudah menjadi keluarga selama masa perantauan
6. Anak kos Dinoyo 46 (Risqi Noor Hidayati Putri dan Nurul Laili Fitriyah) yang selalu memberikan semangat dan motivasi dan telah menjadi keluarga selama masa perantauan
7. Teman teman suka dan duka sepanjang perkuliahan (Nurul Laili Fitriyah, Hanan Saleh, Ika Oktaviandita, Mufarrohah, Adan)

8. Lazuardhi Purnama Sandy yang setia memberi dukungan dan semangat selama penyusunan laporan

9. Teman-teman angkatan THP FTP 2013

Penulis menyadari bahwa masih banyak terdapat kekurangan dalam tugas akhir ini. Oleh karena itu, segala kritikan dan saran yang membangun akan penulis terima dengan baik. Semoga laporan ini dapat memberikan manfaat bagi pembacanya.

Malang, Mei 2017

Ayu Irhoni Rosadi



DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
RIWAYAT HIDUP	iv
HALAMAN PERUNTUKKAN	v
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	vi
RINGKASAN	vii
SUMMARY	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	4
1.5 Hipotesis	4
II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Susu	5
2.1.1 Sifat Fisik dan Kimia Susu	7
2.1.2 Syarat Mutu Susu Segar SNI	9
2.1.3 Manfaat Susu	11
2.2 Pasteurisasi	11
2.2.1 Susu Pasteurisasi	14
2.2.2 Syarat Mutu Susu Pasteurisasi SNI	14
2.2.3 Metode Pasteurisasi	16
2.3 Pengaruh Suhu dan Waktu Pasteurisasi	17
2.3.1 Suhu Pasteurisasi	17
2.3.2 Waktu Pasteurisasi	17
2.4 Metode Pengisian (<i>Filling</i>) Susu	18
2.4.1 Pengisian Panas (<i>Hot Filling</i>)	18

2.4.2	Pengisian Dingin (<i>Cold Filling</i>).....	19
2.5	Penyimpanan Susu Pasteurisasi.....	19
2.6	Kerusakan Susu Pasteurisasi.....	20
III	METODE PENELITIAN	21
3.1	Tempat dan Waktu Penelitian.....	21
3.2	Bahan dan Alat.....	21
3.2.1	Bahan Penelitian.....	21
3.2.2	Alat Penelitian	22
3.3	Metode Penelitian.....	22
3.4	Prosedur Penelitian	24
3.4.1	Pembuatan Susu Pasteurisasi di BBPP.....	24
3.4.2	Pembuatan Susu Pasteurisasi Pengisian Panas (<i>Hot Filling</i>)	25
3.5	Analisa Perlakuan Sampel.....	27
IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	28
4.1	Uji pH	28
4.2	Uji Viskositas.....	31
4.3	Uji Protein Terlarut.....	34
4.4	Uji Lemak	37
4.5	Uji Total Mikroba.....	41
4.6	Penentuan Perlakuan Terbaik	46
V	KESIMPULAN DAN SARAN	49
5.1	Kesimpulan.....	49
5.2	Saran.....	49
	DAFTAR PUSTAKA.....	50
	LAMPIRAN.....	55

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 2.1 Kandungan Gizi Susu Sapi	6
Tabel 2. 2 Standar Susu Segar SNI	10
Tabel 2.3 Kondisi dan Tujuan Pasteurisasi Beberapa Produk Pangan.....	13
Tabel 2.4 Syarat Mutu Susu Pasteurisasi	15
Tabel 3.1 Rancangan Matriks Hasil Penelitian.....	23
Tabel 4. 1 pH Susu Segar.....	28
Tabel 4.2 Rerata pH Susu Pasteurisasi	28
Tabel 4.3 Viskositas Susu Segar	31
Tabel 4.4 Rerata Viskositas Susu Pasteurisasi.....	31
Tabel 4.5 Protein Terlarut (%) Susu Segar	34
Tabel 4.6 Rerata % Protein Terlarut Susu Pasteurisasi.....	34
Tabel 4.7 Nilai BNT Protein Terlarut (%) Susu Pasteurisasi.....	36
Tabel 4.8 Lemak (%) Susu Segar	37
Tabel 4.9 Rerata Lemak (%) Susu Pasteurisasi	38
Tabel 4.10 TPC Susu Segar	41
Tabel 4.11 Rerata TPC Susu Pasteurisasi.....	43
Tabel 4.12 Rerata DMRT TPC Susu Pasteurisasi.....	45
Tabel 4. 13 Perlakuan Terbaik Susu Pasteurisasi Kontrol.....	47
Tabel 4. 14 Perlakuan Terbaik Susu Pasteurisasi	47

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 3.1 Pembuatan Susu Pasteurisasi.....	24
Gambar 3.2 Modifikasi Pasteurisasi Susu Pengisian Panas	27
Gambar 4.1 Rerata pH Susu Pasteurisasi	29
Gambar 4.2 Rerata Viskositas Pasteurisasi.....	32
Gambar 4.3 Rerata Kadar Protein Terlarut Susu Pasteurisasi	35
Gambar 4.4 Rerata Kadar Lemak Susu Pasteurisasi	39
Gambar 4.5 Rerata TPC Susu Pasteurisasi.....	44



DAFTAR LAMPIRAN

Halaman

Lampiran 1 Prosedur Penelitian.....	55
Lampiran 2 Data Bahan Baku.....	64
Lampiran 3 Data Analisis Kualitas Susu Pasteurisasi.....	65
Lampiran 4 Analisa Ragam pH.....	68
Lampiran 5 Data Hasil Uji Viskositas (cP).....	70
Lampiran 6 Hasil Uji Protein Terlarut (%).....	72
Lampiran 7 Hasil Uji Lemak (%).....	73
Lampiran 8 Hasil Uji Total Mikroba (CFU/mL).....	75
Lampiran 9 Data Perlakuan Terbaik.....	76
Lampiran 10 Dokumentasi Penelitian.....	79



I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Susu merupakan salah satu produk hasil ternak yang dihasilkan dari sekresi kelenjar mammae oleh semua mamalia. Susu merupakan salah satu substansi cair yang memiliki nilai gizi tinggi karena banyak mengandung unsur-unsur yang dibutuhkan oleh tubuh seperti protein, lemak, vitamin A, B, D, kalsium dan fosfor (Ginting dan Pasaribu, 2005). Unsur-unsur tersebut mudah dicerna dan diserap secara sempurna oleh tubuh. Kondisi susu dengan nilai zat gizi lengkap ini memberikan peluang besar untuk pertumbuhan beberapa mikroorganisme seperti bakteri, kapang dan khamir. Nutrisi yang ada pada susu akan digunakan sebagai media pertumbuhan oleh mikroorganisme untuk tumbuh dan berkembangbiak. Bakteri yang dapat tumbuh pada susu dapat dikelompokkan menjadi dua jenis, yaitu bakteri pembusuk dan patogen. Bakteri pembusuk yang dapat tumbuh antara lain adalah *Micrococcus sp.*, *Pseudomonas sp.*, dan *Bacillus sp.* Bakteri tersebut dapat menyebabkan susu menjadi asam dan berlendir yang disebabkan karena penguraian senyawa kompleks seperti protein dan lemak (Suwito, 2010). Sedangkan untuk jenis bakteri patogen antara lain adalah *Coxiella burnetii*, *Mycobacterium tuberculosis* dan *Escherichia coli*. Beberapa bakteri patogen tersebut dapat membahayakan kesehatan manusia karena dapat menyebabkan penyakit seperti demam, tuberkolosis dan gangguan pencernaan (Srujana et al., 2011). Pertumbuhan berbagai macam mikroorganisme ini akan mengubah kualitas dan mutu dari susu yang meliputi parameter warna, aroma, rasa, dan penampakan yang pada akhirnya akan membuat susu rusak (Punc dan Olson, 1984). Oleh karena itu, sebelum mengalami kerusakan, susu harus mendapatkan penanganan dengan cepat dan tepat untuk mempertahankan kualitasnya, antara lain melalui proses pasteurisasi.

Pasteurisasi merupakan salah satu metode pemanasan pada susu segar menggunakan suhu dan waktu tertentu yang bertujuan untuk membunuh sebagian mikroba patogen yang ada pada susu (Tamime, 2009). Pasteurisasi merupakan proses yang menggunakan suhu rendah dibawah 100°C. Pasteurisasi dapat dilakukan menggunakan dua cara, yaitu *Low Temperature*

Long Time (LTLT) dengan suhu 63 °C selama 30 menit dan *High Temperature Short Time* (HTST) dengan suhu 72 °C selama 15 detik (Sabil, 2015). Selain itu, pasteurisasi dilakukan untuk memperpanjang masa simpan dari susu yang terbatas. Untuk mencapai beberapa tujuan tersebut, pasteurisasi harus diikuti dengan *treatment* lain seperti proses pengemasan dan penyimpanan yang tepat.

Proses pengisian (*filling*) pada pengemasan susu pasteurisasi dapat dilakukan menggunakan beberapa metode yaitu pengisian dingin (*cold filling*) dan pengisian panas (*hot filling*). Proses pengisian dingin (*cold filling*) merupakan proses pengemasan produk dengan suhu rendah sedangkan pengisian panas (*hot filling*) pengemasan dilakukan langsung ketika produk dalam keadaan panas baru didinginkan (Hariadi, 2015). Kelebihan utama dari proses pengisian panas (*hot filling*) ini adalah fasilitas yang relatif sederhana sehingga untuk biaya investasi juga lebih rendah, selain itu tidak ada bahan pengawet buatan yang ditambahkan seperti natrium benzoate karena prosesnya sudah mampu membuat kemasan dari produk steril. Kekurangan dari pengisian panas yaitu harus menggunakan kemasan produk yang tahan terhadap suhu tinggi agar kemasan tidak mengalami kerusakan.

Selain itu, produk pasteurisasi harus disimpan pada penyimpanan suhu rendah untuk meminimalisir pertumbuhan mikroorganisme karena pasteurisasi hanya membunuh sebagian mikroorganisme yang ada pada susu. Produk susu pasteurisasi jika disimpan pada suhu rendah akan bertahan hingga seminggu masa penyimpanan serta dapat mempertahankan kualitasnya (Sarinengsih, 2009).

Berdasarkan penelitian sebelumnya (Mirza, 2016) diperoleh hasil bahwa susu pasteurisasi tanpa rasa dengan metode pengisian dingin (*cold filling*) memiliki masa simpan sekitar 9 hari pada penyimpanan *cooling room* (-3°C) sedangkan untuk susu yang ditambahkan perasa (*flavor*) masa simpannya berkisar selama 7 hari yang dibuktikan dengan melakukan beberapa pengujian yaitu uji alkohol 70%, derajat keasaman (°SH), dan uji kocok. Berdasarkan data tersebut, maka diperlukan suatu penelitian lanjutan tentang proses pengisian (*filling*) susu pasteurisasi menggunakan metode lain yaitu menggunakan pengisian panas (*hot filling*). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pengisian panas (*hot filling*) terhadap kualitas susu pasteurisasi yang disimpan pada suhu rendah yaitu pada *refrigerator* dan *freezer* berdasarkan parameter fisik kimia dan mikrobiologi. Suhu *refrigerator* yang digunakan adalah $\pm 3^{\circ}\text{C}$ dan untuk suhu *freezer* $\pm (-20^{\circ}\text{C})$.

Selain itu, pada saat ini, metode pengisian panas (*hot filling*) pada industri pangan sebagian besar diterapkan pada produk kecap, saus spaghetti, selai, jelly, sirup dan *salad dressing* dan masih jarang diterapkan dan diaplikasikan pada produk olahan susu sehingga diharapkan dengan adanya penelitian ini dapat diketahui apakah metode pengisian panas (*hot filling*) efektif diterapkan pada produk susu pasteurisasi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

1. Apakah metode pengisian panas (*hot filling*) dapat mempengaruhi kualitas susu pasteurisasi di Balai Besar Pelatihan Peternakan berdasarkan parameter fisik, kimia dan mikrobiologi?
2. Apakah perbedaan suhu penyimpanan mempengaruhi kualitas dari susu pasteurisasi di Balai Besar Pelatihan Peternakan berdasarkan parameter fisik, kimia dan mikrobiologi?
3. Apakah metode pengisian panas (*hot filling*) efektif diterapkan pada produk susu pasteurisasi?

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh metode pengisian panas (*hot filling*) susu pasteurisasi di Balai Besar Pelatihan Peternakan Batu, Malang terhadap parameter fisik kima dan mikrobiologis
2. Mengetahui pengaruh perbedaan suhu penyimpanan pada susu pasteurisasi di Balai Besar Pelatihan Peternakan Batu, Malang terhadap parameter fisik kima dan mikrobiologis
3. Mengetahui apakah metode pengisian panas (*Hot Filling*) efektif diterapkan pada produk susu pasteurisasi

1.4 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah

1. Mengetahui apakah metode pengisian panas (*hot filling*) dapat diterapkan di Balai Besar Pelatihan Peternakan, Batu dan UMKM disekitarnya
2. Mengetahui suhu penyimpanan terbaik susu pasteurisasi dan dapat diterapkan di Balai Besar Pelatihan Peternakan, Batu maupun UMKM disekitarnya

1.5 Hipotesis

Hipotesis dari penelitian ini adalah

1. Diduga penyimpanan pada *freezer* akan meminimalkan penurunan mutu pada susu pasteurisasi di Balai Besar Pelatihan Peternakan
2. Diduga pengisian panas (*hot filling*) dapat meminimalkan terjadinya penurunan mutu pada susu pasteurisasi selama penyimpanan
3. Diduga pengisian panas (*hot filling*) efektif diterapkan pada susu pasteurisasi

II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Susu

Susu adalah cairan yang disekresi dari kelenjar susu mamalia betina untuk bahan makanan dan sumber gizi bagi anaknya. Cairan susu berwarna putih atau kuning-putih buram. Warna dari susu dipengaruhi oleh hamburan dan penyerapan cahaya oleh tetesan lemak susu dan protein misel. Susu tersebut diproduksi dari unsur darah pada kelenjar susu sapi (Winarno, 1993). Kandungan gizi dalam susu sangat ideal, mudah dicerna, serta mudah diserap dalam tubuh secara sempurna (Legowo *et al.*, 2009). Susu memiliki kandungan zat gizi esensial diantaranya adalah protein, kalsium, fosfor, vitamin A dan tiamin (vitamin B1). Susu merupakan sumber kalsium paling baik karena memiliki kadar kalsium yang tinggi dan laktosa dalam susu membantu absorpsi susu di dalam saluran cerna (Almatsier, 2002).

Untuk keperluan komersial, sumber susu yang paling umum digunakan adalah sapi. Namun, ada ternak lain yang dapat digunakan seperti domba, kambing, dan kerbau. Alat penghasil susu pada sapi biasanya disebut ambing. Ambing terdiri dari 4 kelenjar yang berlainan yang dikenal sebagai perempatan (*quarter*). Masing-masing perempatan dilengkapi dengan satu saluran ke bagian luar yang disebut puting. Saluran ini berhubungan dengan saluran yang sebenarnya menyimpan susu. Kelenjar tersebut terdiri dari banyak saluran cabang yang lebih kecil yang berakhir pada suatu pelebaran yang disebut alveoli yang merupakan tempat penghasil susu. Kandungan air di dalam susu sekitar 87,5% dan kandungan gulanya sekitar 5% akan tetapi rasanya tidak manis. Daya kemanisan susu hanya seperlima kemanisan sukrosa sedangkan kandungan laktosa dan garam bertanggung jawab terhadap rasa susu yang spesifik (Winarno, 1993).

Tingginya kandungan nutrisi yang terdapat pada susu dapat menjadikannya sebagai media pertumbuhan yang baik bagi beberapa mikroorganisme seperti bakteri, kapang dan khamir. Pertumbuhan mikroorganisme pada susu ini akan berdampak pada kualitas fisik, kimia maupun sensori dari susu segar. Menurut Depkes (2005) susu sapi memiliki beberapa kandungan gizi yang ditunjukkan pada **Tabel 2.1**

Tabel 2.1 Kandungan Gizi Susu Sapi/100 gr

Kandungan Zat Gizi	Komposisi
Energi (kkal)	61
Protein (g)	3.2
Lemak (g)	3.5
Karbohidrat (g)	4.3
Kalsium (mg)	143
Fosfor (mg)	60
Besi (mg)	1.7
Vitamin A (µg)	39
Vitamin B1 (mg)	0.03
Vitamin C (mg)	1
Air (g)	88.3

Sumber: Departemen Kesehatan (2005)

Protein pada susu memiliki mutu yang sangat tinggi dan memiliki kadar sebesar 3,5%. Protein pada susu dibagi menjadi dua golongan yaitu kasein dan *whey*. Kasein merupakan komponen protein yang terbesar dalam susu dan sisanya berupa protein *whey*. Kadar kasein dalam protein susu mencapai 80% dari jumlah total protein yang terdapat dalam susu sapi, sedangkan protein *whey* sebanyak 20%. Kasein sangat penting dikonsumsi karena mengandung komposisi asam amino yang dibutuhkan tubuh (Winarno, 1993). Karbohidrat utama yang terdapat di dalam susu adalah laktosa. Laktosa adalah disakarida yang terdiri dari glukosa dan galaktosa. Enzim *laktase* bertugas memecah laktosa menjadi gula-gula sederhana yaitu glukosa dan galaktosa (Khomsan, 2004).

Selain itu, susu juga mengandung unsur gizi yang mampu menjaga kestabilan kualitas dan berat tubuh manusia. Hal ini disebabkan karena di dalam susu terdapat tiga kandungan gizi dan asam lemak susu yang cukup penting untuk tubuh manusia, yakni asam butirat, asam linoleat terkonjugasi (ALT) dan fosfolipit. Asam butirat berfungsi untuk meningkatkan daya cerna tubuh dan dapat mencegah bibit kanker usus besar karena asam tersebut berguna untuk membantu pertumbuhan bakteri baik. Sementara ALT dan fosfolipit berfungsi untuk menghindari tumor, menurunkan resiko kanker, hipertensi dan diabetes. Dua asam lemak tersebut juga mampu mengontrol lemak dan perkembangan berat badan. Dengan demikian jumlah lemak yang masuk kedalam tubuh dapat tersaring oleh ALT dengan sendirinya (Siswono, 2005).

Susu merupakan salah satu contoh dari zat fluida. Hal ini disebabkan karena susu merupakan zat yang dapat mengalir dari satu tempat ke tempat lain.

Reologi adalah ilmu tentang bagaimana fluida mengalir dan padatan berubah bentuk ketika diberikan gaya (Ibarz, *et al.*, 2005). Sifat reologi didasarkan pada respon aliran dan deformasi bahan ketika diberikan gaya normal atau tangensial.

Suatu fluida akan mengalir karena adanya tekanan yang diberikan. Tekanan yang diberikan pada suatu benda dengan arah tegak lurus disebut *normal stress* atau *pressure* (P) sedangkan bila sejajar dengan bidang, disebut gaya geser (*shear stress*).

Secara umum terdapat dua jenis sifat aliran bahan, yaitu *newtonian* dan *non-newtonian*. Pada susu termasuk bahan pangan yang memiliki karakteristik alir *non-newtonian*.

Sifat aliran dari bahan cair dapat digambarkan dengan diagram (kurva) aliran. Kurva ini merupakan plot antara gaya geser (*shear stress*) dengan laju geser (*shear rate*). Dimana viskositas merupakan rasio dari gaya geser dengan laju geser pada semua titik sepanjang kurva. Pada kurva cairan *newtonian* rasio dari gaya geser dengan laju geser pada semua titik nilainya konstan, dan disebut viskositas tunggal (μ). Jika aliran tidak linier digunakan simbol viskositas nyata (μ_{app}), yang merupakan slope dari garis yang menghubungkan sebuah titik pada kurva dengan titik asal (0,0).

Fluida *non-newtonian* merupakan fluida yang akan mengalami perubahan viskositas ketika terdapat gaya yang bekerja pada fluida tersebut. fluida *non-newtonian* memiliki kurva aliran (*shear stress* versus *shear rate*) tidak linier, dimana viskositas nyata (μ_{app}) tidak konstan pada suhu dan tekanan yang diberikan tetapi bergantung pada kondisi aliran seperti geometri aliran, *shear rate*, dan lain-lain, dan terkadang juga dipengaruhi oleh histori kinematik elemen fluida yang diuji (Chhabra dan Richardson, 1999).

2.1.1 Sifat Fisik dan Kimia Susu

a. Warna Air Susu

Warna air susu dapat berubah tergantung dari bangsa ternak, jenis pakan, jumlah lemak, bahan padat, dan bahan pembentuk warna. Warna air susu

berkisar dari putih kebiruan hingga kuning keemasan. Warna putih dari susu merupakan hasil disperse dari refleksi cahaya oleh globula lemak dan partikel koloidal dari kasein dan kalsium fosfat. Warna kuning adalah karena lemak dan karoten yang dapat larut. Bila lemak diambil dari susu akan menunjukkan warna kebiruan (Warsito *et al.*, 2015).

b. Rasa dan Bau Air Susu

Rasa dan bau air susu erat kaitannya dalam menentukan kualitas air susu. Air susu terasa sedikit manis yang disebabkan oleh laktosa. Sedangkan rasa asin berasal dari klorida, sitrat, dan garam-garam mineral lainnya. Cita rasa yang kurang normal mudah sekali berkembang di dalam susu dan hal ini disebabkan oleh:

1. Fisiologis seperti cita rasa pakan sapi (misal alfalfa, bawang merah, bawang putih, dan cita rasa algae) yang akan masuk ke dalam susu jika bahan-bahan tersebut mencemari pakan dan air minum sapi.
2. Enzim yang menghasilkan cita rasa tengik karena kegiatan lipase pada lemak susu.
3. Kimiawi yang disebabkan oleh oksidasi lemak.
4. Bakteri yang timbul sebagai akibat pencemaran dan pertumbuhan bakteri yang menyebabkan pemecahan laktosa menjadi asam laktat dan hasil samping metabolik lainnya yang mudah menguap.
5. Mekanis, jika susu mungkin menyerap cita rasa yang ada disekitar (seperti cat, sabun, larutan klor) (Warsito *et al.*, 2015).

c. Berat Jenis Air Susu

Air susu menurut codex susu, berat jenisnya adalah 1,028. Codex susu adalah suatu daftar satuan yang harus dipenuhi air susu sebagai bahan makanan. Daftar ini telah disepakati para ahli gizi dan kesehatan dunia. Berat jenis harus ditetapkan 3 jam setelah air susu diperah. Penetapan lebih awal akan menunjukkan hasil berat jenis yang lebih kecil, yang disebabkan oleh perubahan kondisi lemak (Warsito *et al.*, 2015).

d. Kekentalan Air Susu (Viskositas)

Viskositas air susu biasanya berkisar 1,5-2,0 cP. Pada suhu 20°C viskositas whey 1,2 cP, viskositas susu skim 1,5 cP, dan susu segar 2,0 cP. Bahan padat, lemak, dan temperatur dapat mempengaruhi viskositas air susu (Warsito *et al.*, 2015)

e. Titik Didih dan Titik Beku

Pada codex air susu dicantumkan bahwa titik beku air susu adalah -0,500°C, namun untuk Indonesia telah berubah menjadi -0,520°C. Titik didih air susu adalah 100,16°C (Warsito *et al.*, 2015). Variasi titik beku terjadi karena terdapat perbedaan jenis pakan yang diberikan pada hewan, musim dan jenis sapi atau hewan. Titik beku akan berubah jika pada susu ditambahkan air, santan atau lemak meskipun dalam jumlah sedikit saja (Hadiwiyoto, 2003).

f. pH

Susu segar mempunyai sifat amfoter. Air susu segar umumnya mempunyai pH antara 6,5- 6,7. Sebagian besar asam yang ada pada susu adalah asam laktat. Meskipun demikian keasaman susu dapat disebabkan oleh berbagai senyawa yang bersifat asam seperti senyawa-senyawa pospat kompleks, asam sitrat, asam-asam amino dan karbondioksida yang larut dalam susu (Nugraheni, 2013). Jika pH lebih besar dari 6,7 biasanya diartikan adanya gangguan pada puting sapi (mastitis) dan jika pH di bawah 6,5 menunjukkan adanya kolostrum atau kerusakan karena bakteri (Hadiwiyoto, 2003).

2.1.2 Syarat Mutu Susu Segar SNI

Susu segar yang akan dilakukan proses pengolahan menjadi produk olahan susu memiliki beberapa persyaratan mutu yang harus dipenuhi berdasarkan Standar Nasional Indonesia 01-3141.1:2011 yang seperti disajikan pada **Tabel**

2.2

Tabel 2. 2 Standar Susu Segar SNI

	Karakteristik	Satuan	Syarat
1.	Berat jenis (pada suhu 27,5 C) minimum	g/mL	1.0270
2.	Kadar lemak minimum	%	3.0
3.	Kadar bahan kering tanpa lemak minimum	%	7.8
4.	Kadar protein minimum	%	2.8
5.	Warna, bau, rasa, dan kekentalan	-	Tidak ada perubahan
6.	Derajat asam	^o SH	6-7.5
7.	pH	-	6.3-6.8
8.	Uji alkohol (70%) v/v	-	Negatif
9.	Cemaran mikroba, maksimum :		
	1. <i>Total Plate Count</i>	CFU/mL	1 x 10 ⁶
	2. <i>S.aureus</i>	CFU/mL	1 x 10 ²
	3. <i>Enterobacteriaceae</i>	CFU/mL	1 x 10 ³
10.	Jumlah sel somatis maksimum	Sel/mL	1 x 10 ⁵
11.	Angka reduktase	Jam	2-5
12.	Residu antibiotika	-	Negatif
13.	Uji pemalsuan	-	Negatif
14.	Titik beku	^o C	-0.520 s.d 5.60
15.	Uji peroksidase	-	Positif
16.	Cemaran logam berbahaya maksimum		
	1. Timbal (Pb)	µg/mL	0.02
	2. Merkuri (Hg)	µg/mL	0.03
	3. Arsen (As)	µg/mL	0.1

Sumber: Standar Nasional Indonesia Susu Segar (2011)

Berdasarkan komposisi yang terkandung di dalamnya, maka dapat disebutkan bahwa susu merupakan salah satu jenis minuman bergizi yang dibutuhkan bagi perkembangan khususnya perkembangan tulang anak dan untuk menjaga kepadatan tulang pada orang dewasa. Selain memiliki manfaat, susu juga dapat membahayakan dan menimbulkan gangguan terhadap kesehatan manusia yang disebabkan karena susu telah tercemar oleh mikroorganisme atau benda asing seperti penambahan komponen lain yang berlebihan (gula, lemak nabati, pati dan lain-lain) (Hasanuddin, 2001).

2.1.3 Manfaat Susu

Susu merupakan salah satu jenis minuman yang menyehatkan. Hal ini disebabkan karena kandungan gizi yang terdapat pada susu mengandung semua jenis asam amino esensial dalam jumlah yang cukup (Winarno, 1993). Manfaat susu dapat dirasakan oleh tubuh dengan meminum minimal 2 gelas/hari (setara 480 mL) terutama untuk kesehatan tulang (Almatsier, 2002). Ketika seseorang pada usia anak-anak mengkonsumsi susu dalam jumlah yang rendah maka akan mengalami terjadi penurunan massa tulang yang dapat menyebabkan osteoporosis (Kalkwarf *et al.*, 2003). Susu berperan penting dalam mencegah osteoporosis karena susu merupakan sumber kalsium dan fosfor yang penting untuk pembentukan tulang (Khomsan, 2004). Tulang manusia mengalami *turning over* yaitu peluruhan dan pembentukan secara berkesinambungan. Pada saat usia muda, pembentukan tulang berlangsung lebih intens dibandingkan peluruhannya sedangkan pada usia tua sebaliknya, peluruhan tulang berlangsung lebih intens dibandingkan pembentukannya. Oleh karena itu, pada masa tua terjadi proses kehilangan massa tulang.

Selain bermanfaat untuk kesehatan tulang, susu juga bermanfaat untuk optimalisasi produksi melatonin. Susu yang banyak mengandung asam amino triptofan merupakan salah satu bahan dasar melatonin. Melatonin adalah hormon yang dihasilkan oleh kelenjar pineal pada malam hari yang akan menjadikan kita mengantuk dan tubuh akan tertidur dengan baik. Selain itu, susu juga memiliki kemampuan mengikat logam-logam berat akibat polusi dari lingkungan. Sehingga susu akan meminimalisir beberapa dampak keracunan logam-logam berat yang mungkin dapat terjadi di dalam tubuh (Khomsan, 2004).

2.2 Pasteurisasi

Perkembangan jaman saat ini berbanding lurus dengan semakin majunya perkembangan teknologi termasuk teknologi pengolahan susu segar menjadi berbagai bentuk olahan. Pengembangan teknologi ini bertujuan untuk mencegah dan meminimalisir adanya kerusakan yang dimungkinkan dapat terjadi pada susu sebelum dikonsumsi oleh konsumen. Selain dapat dikonsumsi pada saat segar,

susu juga dapat diolah dengan beberapa metode pengolahan seperti pasteurisasi, sterilisasi, dijadikan susu bubuk, es krim, susu kental manis dan sebagainya (Hadiwiyoto, 1994). Salah satu pengolahan susu segar yang banyak diterapkan di industri pangan adalah pasteurisasi.

Pasteurisasi merupakan proses pemanasan produk dibawah titik didihnya. Tujuan utama dari proses pasteurisasi ini adalah diharapkan dapat menghilangkan bakteri pembusuk dan patogen yang ada di dalam suatu produk serta inaktivasi enzim. Seorang ahli kimia dari Perancis bernama Louis Pasteur adalah orang yang menemukan pasteurisasi. Sebuah bentuk sterilisasi menggunakan panas, proses pasteurisasi ringan memanaskan susu sampai 145°F (62°C) selama 30 menit, dan pasteurisasi standar memanaskan susu sampai suhu 161°F (72°C) selama 15 detik. Pemanasan dengan suhu sedang ini bertujuan untuk mempertahankan kualitas sensori dan menghindari pemanasan berlebihan (Estiasih, 2009). Pada prosesnya, pasteurisasi tidak mengeliminasi semua bakteri vegetatif dan sebagian besar tidak membunuh mikroba pembentuk spora. Proses pasteurisasi dapat menjadikan suatu produk memiliki umur simpan yang lebih panjang namun untuk mencapai tujuan ini, pasteurisasi harus diikuti dengan perlakuan tambahan seperti pengemasan produk secara vakum atau produk disimpan dibawah kondisi refrigerasi untuk meminimalkan terjadinya pertumbuhan mikroba.

Susu segar dapat diolah menjadi susu pasteurisasi dengan kandungan lemak antara 0% sampai dengan 3,5%. Dalam *Encyclopedia britannica* perlakuan diberikan pada susu pasteurisasi adalah dengan suhu 63°C selama 30 menit atau 72°C selama 15 detik. Suhu dan waktu yang digunakan adalah bertujuan untuk membunuh *Mycrobacterium tuberculosis* dan mikroba non spora yang tahan panas serta dapat menyebabkan penyakit (Septiani dan Marimin, 2005 dalam Kinayungan, 2016). Keampuhan proses pasteurisasi dalam meningkatkan daya simpan suatu produk dapat dipengaruhi oleh beberapa hal, antara lain adalah karakteristik dari bahan pangan yang akan di pasteurisasi terutama pH produk. Sebagian besar produk yang telah di pasteurisasi mempunyai nilai pH rendah (asam) (Khomsan, 2002). Kondisi dan tujuan pasteurisasi dari beberapa produk dapat berbeda-beda yang dapat dilihat pada **Tabel 2.3**

Tabel 2.3 Kondisi dan Tujuan Pasteurisasi dari beberapa Produk Pangan

Jenis Produk Pangan	Tujuan Utama Pasteurisasi	Tujuan Sampingan/ikutan	Kondisi Minimum Proses Pasteurisasi
pH < 4,5			
Sari Buah	Inaktivasi enzim (<i>pektinesterase</i> dan <i>poligalakturonase</i>)	Membunuh mikroorganisme pembusuk (kapang dan khamir)	65°C selama 30 menit; 77°C selama 1 menit 88°C selama 15 detik
Bir	Membunuh mikroorganisme pembusuk (<i>khamir</i> , <i>lactobacillus sp.</i>) dan sisa khamir/ragi yang ditambahkan pada proses fermentasi (<i>Saccharomyces sp.</i>)		65-68°C selama 20 menit (dalam botol) 72-75°C selama 1-4 menit pada tekanan 900-1000 kPa
pH > 4,5			
Susu	Membunuh mikroorganisme patogen (<i>Brucella abortis</i> , <i>Mycobacterium tuberculosis</i> (<i>Coxiella burnetii</i>))	Membunuh mikroorganisme pembusuk dan inaktivasi beberapa enzim	63°C selama 30 menit 71,5°C selama 15 detik
Telur cair	Membunuh mikroorganisme patogen <i>Salmonella sp.</i>	Membunuh mikroorganisme pembusuk	64,4°C selama 2,5 menit 60°C selama 3,5 menit
Es krim	Membunuh mikroorganisme patogen	Membunuh mikroorganisme pembusuk	65°C selama 30 menit 71°C selama 10 menit 80°C selama 15 detik

Sumber: Fellows (2000)

Secara umum pada pada makanan maupun minuman yang memiliki pH tinggi (pH>4,5) tujuan utama pasteurisasi adalah untuk membunuh bakteri patogen sedangkan pada pH rendah (pH<4,5) digunakan untuk inaktivasi enzim dan untuk merusak mikroorganisme pembusuk (Fellows, 2000). Pasteurisasi biasanya dilakukan pada produk yang berifat cair seperti sari buah, susu, jus buah bir dan lain-lain. Ketika suhu meningkat pada diatas suhu optimum pertumbuhan mikroba, terjadi penghambatan pertumbuhan mikroba sampai mikroba *letal*. Resistensi mikroorganisme dalam produk pangan terhadap suhu sangat bervariasi. Ketahanan terhadap panas dinyatakan dengan nilai D dan Z. Destruksi termal terhadap mikroba (sel vegetatif atau spora) mengikuti persamaan logaritma. Waktu yang dibutuhkan untuk membunuh 90% mikroba dari jumlah awal disebut nilai D (Widjanarko, 2000).

2.2.1 Susu Pasteurisasi

Susu pasteurisasi atau *pasteurized milk* adalah produk susu yang diperoleh dari hasil pemanasan susu pada suhu minimum 161°F selama minimum 15 detik, kemudian langsung dikemas pada kondisi yang bersih dan tetap terjaga sanitasinya. Menurut Estiasih (2009) suhu yang digunakan dalam pasteurisasi adalah suhu sedang berkisar 60-105°C. Pemanasan suhu sedang ini bertujuan untuk mempertahankan kualitas sensori dan menjaga kandungan nutrisi pada susu. Ada beberapa bakteri yang bertahan pada suhu pasteurisasi, dalam jumlah sedikit namun dipertimbangkan tidak berbahaya dan tidak akan merusak susu selama kondisi pendinginan yang normal (Shearer, *et al.*, 1992). Susu merupakan salah satu produk yang memiliki nilai pH>4,5 sehingga tujuan utama dari proses pasteurisasi susu adalah membunuh mikroorganisme patogen (*Brucella abortis*, *Mycobacterium tuberculosis* (*Coxiella burnettii*) dan tujuan lainnya adalah membunuh mikroorganisme pembusuk dan inaktivasi beberapa enzim sehingga daya simpannya akan meningkat.

Susu segar dapat diolah menjadi susu pasteurisasi dengan kandungan lemak antara 0% sampai dengan 3,5%. Pasteurisasi merupakan proses terpenting dalam penanganan susu. Proses pasteurisasi perlu dilakukan dengan benar sehingga membuat susu memiliki umur simpan yang lebih lama. Suhu dan waktu pasteurisasi adalah faktor penting yang harus diukur dalam menentukan kualitas dan kondisi umur simpan susu segar. Produk susu pasteurisasi jika disimpan pada suhu kamar maka akan bertahan hanya 1-2 hari namun jika disimpan pada suhu rendah maka daya simpan susu pasteurisasi dapat mencapai 1 minggu (Sarinengsih, 2009).

2.2.2 Syarat Mutu Susu Pasteurisasi SNI

Persyaratan mutu susu pasteurisasi berdasarkan Badan Standarisasi Nasional (1995) tentang Susu Pasteurisasi dapat dilihat pada **Tabel 2.4**

Tabel 2.4 Syarat Mutu Susu Pasteurisasi

No.	Karakteristik	Syarat	
		A	B
1.	Bau	Khas	Khas
2.	Rasa	Khas	Khas
3.	Warna	Khas	Khas
4.	Kadar lemak, % (bobot/bobot) min	2.80	1.50
5.	Kadar padatan tanpa lemak, % (bobot/bobot) min	7.7	7.5
6.	Uji reduktase dengan methylen biru	0	0
7.	Kadar protein, % (bobot/bobot) min	2.5	2.5
8.	Uji fosfatase	0	0
9.	T.P.C (<i>Total Plate Count</i>), ml. maks,	3×10^4	3×10^4
10.	Coliform presumptive MPH/ml, maks	10	10
11.	Logam berbahaya		
	1. As, (ppm) maks,	1	1
	2. Pb, (ppm) maks,	1	1
	3. Cu, (ppm) maks,	2	2
	4. Zn, (ppm) maks,	5	5
12.	Bahan pengawet	Sesuai dengan Peraturan Menteri Kesehatan R.I No. 235/Men. Kes/Per/IV/79	

Catatan : A = Susu pasteurisasi tanpa penyedap cita rasa
 B = Susu pasteurisasi diberi penyedap cita rasa

Sumber: Standar Nasional Indonesia (1995)

Bahan baku susu untuk memproduksi susu pasteurisasi di Indonesia diperbolehkan menggunakan susu rekombinasi atau susu rekonstitusi. Hal ini dikarenakan pasokan susu segar dalam negeri masih belum mencukupi kebutuhan susu dan produk susu dalam negeri. Standart kualitas bahan baku susu berdasarkan *Total Plate Count* (TPC) dan *Somatic Cell Count* (SCC) harus dijadikan sebagai landasan kepentingan perlindungan kesehatan konsumen, bukan hanya untuk memperpanjang daya simpan dari susu (Bray, 2008). Daya simpan susu yang telah dipasteurisasi dapat diperpanjang dengan cara pendinginan secara cepat dan pendinginan pada suhu dingin yaitu 10°C atau suhu yang lebih rendah lagi yang akan memberikan hasil lebih baik. Suhu tersebut tidak akan menyebabkan mikroba pembusuk mati tetapi mikroorganisme tersebut tidak akan mampu tumbuh dan berkembangbiak kembali. Sehingga daya simpan susu akan semakin meningkat dan layak untuk konsumsi (Winarno dan Ivone, 2007).

2.2.3 Metode Pasteurisasi

Pasteurisasi pada susu yang lazim dilakukan antara lain LTLT (*Low Temperature and Long Time*) dan HTST (*High Temperature and Short Time*) (Dwiari, 2008). Metode pasteurisasi yang dilakukan dapat mempengaruhi kandungan gizi dan aroma produk pangan. Metode HTST yang dilakukan pada susu dinilai lebih efektif dibandingkan metode LTLT karena lebih sedikit menimbulkan kerusakan pada kandungan gizi dan dapat mempertahankan karakteristik sensori seperti rasa, aroma, warna dan tekstur pada susu. Proses pasteurisasi HTST dilakukan pada suhu minimum 72°C selama 15 detik sedangkan pasteurisasi LTLT dilakukan minimum pada suhu 63°C selama 30 menit (Codex, CAC/RCP 57-2004).

Peralatan pasteurisasi yang paling sederhana hanya menggunakan bak air panas pada suhu yang telah ditentukan. Kemudian bahan yang akan dipasteurisasi dicelupkan ke dalam air panas selama selang waktu tertentu. Jika pemanasan telah tercapai, produk diangkat dan dicelupkan ke dalam bak yang berisi air pendingin. Sistem pasteurisasi lain yang masih sering digunakan di industri susu dan bahan cair lain adalah pasteurisasi *batch*. Pasteurisasi ini dilakukan sebelum proses pengemasan. Proses ini menggunakan tangki pemanas yang terdiri dari tangka berjaket (*jacketed vat*) yang dikelilingi pemanas. Setelah mencapai suhu dan waktu yang ditentukan, produk didinginkan pada tangki yang sama atau dapat dipindahkan pada tangki yang lain (Kusnandar, 2008).

Sistem pasteurisasi sederhana dan *batch* dianggap kurang efektif dan efisien, sehingga mulai digunakan pasteurisasi kontinyu dengan alat penukar panas yang memiliki beberapa keuntungan yaitu proses dapat lebih dikontrol, membutuhkan penstabil yang lebih sedikit, menghemat waktu dan tempat serta meningkatkan kapasitas (Kusumawardhani, 2010). Pemanasan kontinyu merupakan suatu proses termal yang terdiri dari 3 tahapan utama antara lain pemanasan, penahanan, pendinginan. Bahan dialirkan secara kontinyu dengan pompa melalui sistem pindah panas (*heat exchanger*) yang dipanaskan pada suhu yang diinginkan dan dipertahankan pada lama waktu tertentu kemudian didinginkan pada lama waktu tertentu (Heppel, 2000).

Prinsip umum dari sistem kontinyu adalah bahan dapat dipasteurisasi sebelum maupun sesudah dilakukan pengemasan. Pasteurisasi sebelum

pengemasan biasanya dilakukan pada produk cair ataupun semi padat seperti pasta dan yogurt. Prosesnya dilakukan menggunakan alat penukar panas yang umumnya berproses secara sinambung (Hariyadi *et al.*, 2009). Keuntungan sistem kontinu dibandingkan sistem *batch* adalah laju perpindahan panas dapat dicapai dengan cepat, dapat digunakan untuk suhu proses yang lebih tinggi antara 140-150°C (sterilisasi) sedangkan pada sistem *batch* suhu maksimum yang dapat dicapai hanya 125°C. Selain itu, pemanasan dan pendinginan yang lambat pada sistem *batch* juga dapat merusak produk sebelum proses yang diinginkan tercapai.

2.3 Pengaruh Suhu dan Waktu Pasteurisasi

2.3.1 Suhu Pasteurisasi

Penggunaan suhu tinggi pada pasteurisasi akan berdampak pada kualitas produk pangan. Beberapa parameter kualitas yang akan berubah ketika menggunakan suhu yang terlalu tinggi antara lain adalah terjadinya dekomposisi dan perubahan struktur pigmen sehingga terjadi pemucatan dan penurunan stabilitas warna produk (Kusumawardhani, 2010).

2.3.2 Waktu Pasteurisasi

Waktu pasteurisasi merupakan salah satu faktor yang sangat berpengaruh pada bahan pangan terutama yang sensitif terhadap suhu tinggi. Semakin tinggi suhu pemanasan dan waktu pasteurisasi maka akan semakin besar pula kerusakan zat gizi. Pengolahan yang mengurangi waktu pengolahan dan tidak menggunakan suhu tinggi diatas suhu mikroorganisme dalam bahan pangan akan dapat mempertahankan nilai gizi (Dewi, 2008).

2.4 Metode Pengisian (*Filling*) Susu

2.4.1 Pengisian Panas (*Hot Filling*)

Metode pengisian panas (*hot filling*) pengemasan langsung dilakukan ketika produk dalam keadaan panas yang langsung diikuti dengan penutupan kemasan, kemudian baru didinginkan (Hariadi, 2015). Pendinginan setelah proses pengemasan berfungsi untuk mempertahankan kualitas dan rasa dari produk hasil pasteurisasi. Aplikasi metode ini biasanya diterapkan pada beberapa produk kecap, saus spaghetti, selai, jelly, sirup dan *salad dressing* (G.O., 2004).

Kemasan yang digunakan pada metode pengisian panas (*hot filling*) ini biasanya adalah kemasan plastik PET. Dengan metode pengisian panas (*hot filling*) maka akan mereduksi beberapa mikroorganisme lain yang mungkin masih ada. Pengisian panas (*hot filling*) jauh lebih ekonomis dan prosesnya lebih sederhana jika dibandingkan dengan teknologi aseptik.

Untuk proses pengisian panas (*hot filling*) kemasan yang digunakan harus tahan terhadap suhu panas. Oleh karena itu tidak semua botol dapat digunakan untuk proses ini, karena botol dapat melengkung (*collapse*) jika mendapat perlakuan suhu tinggi. Untuk mengatasi hal itu telah diproduksi botol tahan panas. Bagian leher adalah bagian yang paling kritis, sehingga dibuat lebih tebal dan diproses secara khusus. Bentuk dari botol untuk pengisian panas (*hot filling*) juga harus diatur sedemikian rupa dengan diberi “panel” tertentu sehingga keseluruhan botol dapat mengembang dengan baik sewaktu proses pemanasan dan menciut kembali dengan sempurna sewaktu proses pendinginan. Dengan demikian, botol untuk pengisian panas (*hot filling*) lebih rumit untuk diproduksi, lebih tebal dan lebih mahal dibandingkan dengan botol untuk produk yang disterilisasi dengan cara pasteurisasi (Anonim, 2008).

Pengisian panas (*hot filling*) memiliki beberapa kelebihan diantaranya adalah dapat memperpanjang masa simpan produk, proses yang lebih sederhana, tidak adanya penggunaan bahan pengawet tambahan pada produk karena *hot filling* akan menyebabkan wadah produk menjadi steril dengan sendirinya.

2.4.2 Pengisian Dingin (*Cold Filling*)

Pada pengisian dingin (*cold filling*) sebelum produk pasteurisasi dikemas biasanya kemasan dari produk harus disterilisasi terlebih dahulu, baik sterilisasi basah maupun kering. Sterilisasi dapat dilakukan menggunakan pembilasan dengan air panas, *hydrogen peroxide*, *hyphochlorite* atau radiasi gamma. Produk yang telah selesai dipasteurisasi kemudian dikemas kedalam wadah steril dalam keadaan tidak panas dan langsung ditutup rapat untuk menghindari adanya kontaminasi yang dapat merusak kualitas dari susu (G.O., 2004). Aplikasi pengisian dingin (*cold filling*) ini biasanya diterapkan pada produk segar seperti jus, teh, kopi dan susu. Metode pengisian dingin (*cold filling*) juga memiliki beberapa keunggulan diantaranya adalah bisa menggunakan berbagai jenis pengemas, nutrisi pada produk dapat dipertahankan, tidak mempengaruhi kualitas produk namun pada metode ini juga masih dimungkinkan terjadi kontaminasi sehingga proses pemurnian udara dan penyaringan udara merupakan salah satu komponen penting dari proses *cold filling*. Selain itu, metode ini juga memerlukan pekerja yang sudah kompeten dan berkualitas (G.O., 2004).

2.5 Penyimpanan Susu Pasteurisasi

Pada proses pasteurisasi tidak dapat mematikan semua mikroorganisme vegetatif dan hampir semua mikroba pembusuk sehingga pada produk pasteurisasi harus diikuti dengan beberapa penanganan yang benar seperti dikemas atau disimpan pada suhu rendah, penambahan pengawet, pengemas atmosfer termodifikasi, pengaturan pH, atau pengaturan aktivitas air untuk mengendalikan pertumbuhan mikroba (Kusumawardhani, 2010).

Untuk produk susu pasteurisasi juga harus diikuti dengan penanganan pasca pasteurisasi yang baik dan benar. Menurut Budiyo (2009) produk susu pasteurisasi yang dihasilkan oleh unit pengolahan susu koperasi, daya simpannya berkisar 4-6 hari (pada suhu penyimpanan 4°C). Sedangkan susu pasteurisasi harus dikemas dalam wadah tertutup dan disimpan pada suhu kurang lebih 4°C maka susu tersebut tidak akan rusak dalam waktu 7 hari

(Hadiwiyoto, 1994) sedangkan penelitian lain juga menyebutkan jika susu pasteurisasi harus disimpan pada suhu kurang lebih 4°C maka susu tersebut tidak akan rusak dalam waktu 12 hari (Marniah, 2005).

2.6 Kerusakan Susu Pasteurisasi

Kerusakan pada susu pasteurisasi secara fisik ditandai dengan naiknya globula lemak ke permukaan, terjadinya penggumpalan dan aroma yang tidak segar sedangkan untuk kerusakan kimia ditandai dengan adanya oksidasi lemak dan *sunlight flavour* (Walstra *et al.*, 1999). Secara mikrobiologi, susu pasteurisasi dianggap rusak apabila menunjukkan penyimpangan yang melewati ambang bata parameter yang telah ditentukan (Winarno dan Jenie, 1992). Menurut Griffiths (2000) penyebab kerusakan susu pasteurisasi disebabkan adanya pertumbuhan mikroorganisme di dalam susu setelah proses pasteurisasi, aktivitas enzim *thermoresistent*, pertumbuhan mikroorganisme *thermoresistent* dan kontaminasi setelah proses pasteurisasi.

III METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari hingga April 2017 dan dilaksanakan di beberapa tempat yaitu:

- a. Balai Besar Pelatihan Peternakan (BBPP) Batu, Malang, Jawa Timur
- b. Laboratorium Mikrobiologi Pangan, Jurusan Teknologi dan Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya
- c. Laboratorium Kimia dan Biokimia Pangan, Jurusan Teknologi dan Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya
- d. Laboratorium Teknologi Pengolahan Pangan, Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya
- e. Laboratorium Ternak Perah Fakultas Peternakan, Universitas Brawijaya

3.2 Bahan dan Alat

3.2.1 Bahan Penelitian

Bahan baku utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah susu pasteurisasi yang diolah di Balai Besar Pelatihan Peternakan (BBPP) Batu, Malang, Jawa Timur dengan kemasan botol plastik PET tahan panas bervolume 250 mL dengan penyimpanan yang berbeda yaitu penyimpanan di *refrigerator* dan *freezer*. Bahan lain yang dibutuhkan antara lain PCA "Merck", BSA (*Bovine Serum Albumin*), $\text{CuSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, KTartarat, NaOH 10%, TCA (*Tri Chloroacetic Acid*) 10%, pereaksi biuret, dietil eter, H_2SO_4 90%, amyl alkohol, pepton, aquades, spiritus, larutan buffer pH 4 dan pH 7 dan alkohol 70%

3.2.2 Alat Penelitian

Alat yang dibutuhkan dalam menunjang penelitian ini antara lain adalah *Refrigerator* dan *Freezer*, *coolbox*, *laminar air flow*, *autoclave*, inkubator, pH meter Hanna HI 8424, viskosimeter elcometer RV 2300, spektrofotometer, *centrifuge*, vortex, butyrometer, penangas air, timbangan digital, cawan petri, gelas beaker, tabung reaksi, *centrifuge tube*, erlenmeyer, koloni counter, termometer, *milkcan*, *homogenizer*, pipet ukur, *bulb*, rak tabung, spatula, api bunsen, botol kemasan PET tahan panas 250 mL beserta tutupnya, panci *stainless steel*, kapas, toples plastik, pengaduk, kertas label, kertas cokelat, plastik, karet dan kain saring.

3.3 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan menggunakan 2 faktor perlakuan. Faktor 1 adalah faktor perbedaan suhu pengisian (*filling*) dan faktor 2 adalah faktor perbedaan penyimpanan susu pasteurisasi.

S_1 = Tanpa Penyimpanan (Kontrol)

S_2 = *Refrigerator* $\pm 3^\circ\text{C}$

S_3 = *Freezer* $\pm (-20^\circ\text{C})$.

T_1 = Suhu Pengisian (*Filling*) 70°C

T_2 = Suhu Pengisian (*Filling*) 60°C

T_3 = Suhu Pengisian (*Filling*) 50°C

Tanpa penyimpanan merupakan perlakuan kontrol susu pasteurisasi yang analisisnya dilakukan pada hari ke-0 sedangkan susu pasteurisasi yang disimpan di *refrigerator* maupun *freezer* merupakan susu yang dianalisa pada hari ke-5 penyimpanan. Suhu pada *refrigerator* yang digunakan adalah $\pm 3^\circ\text{C}$ dan untuk suhu *freezer* adalah $\pm (-20^\circ\text{C})$. Berikut adalah rancangan matriks hasil penelitian pengaruh perbedaan suhu penyimpanan susu pasteurisasi BBPP Batu dengan metode pengisian panas (*hot filling*) terhadap sifat fisik, kimia dan mikrobiologi selama penyimpanan yang dapat di lihat pada **Tabel 3.1**

Tabel 3.1 Rancangan Matriks Hasil Penelitian

Suhu Pengisian (Filling) (T)	Suhu Penyimpanan (S)		
	Tanpa Penyimpanan (S₁)	Refrigerator H₅ (S₂)	Freezer H₅ (S₃)
70 °C (T ₁)	T ₁ S ₁	T ₁ S ₂	T ₁ S ₃
60 °C (T ₂)	T ₂ S ₁	T ₂ S ₂	T ₂ S ₃
50 °C (T ₃)	T ₃ S ₁	T ₃ S ₂	T ₃ S ₃

Keterangan:

T₁S₁ = Suhu Pengisian 70°C, Tanpa Penyimpanan

T₁S₂ = Suhu Pengisian 70°C, Penyimpanan *Refrigerator*

T₁S₃ = Suhu Pengisian 70°C, Penyimpanan *Freezer*

T₂S₁ = Suhu Pengisian 60°C, Tanpa Penyimpanan

T₂S₂ = Suhu Pengisian 60°C, Penyimpanan *Refrigerator*

T₂S₃ = Suhu Pengisian 60°C, Penyimpanan *Freezer*

T₃S₁ = Suhu Pengisian 50°C, Tanpa Penyimpanan

T₃S₂ = Suhu Pengisian 50°C, Penyimpanan *Refrigerator*

T₃S₃ = Suhu Pengisian 50°C, Penyimpanan *Freezer*

Masing-masing perlakuan dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali. Untuk perlakuan tanpa penyimpanan merupakan perlakuan kontrol dimana ini adalah sampel susu pasteurisasi yang tidak disimpan di *refrigerator* maupun *freezer* dan langsung dilakukan analisa pada hari ke-0.

Data karakteristik fisik, kimia dan mikrobiologi yang diperoleh dari hasil penelitian dianalisa dengan uji normalitas. Jika data terdistribusi secara normal maka dilanjutkan analisa menggunakan *two way ANNOVA* pada minitab 16. Apabila dari hasil uji terdapat perbedaan maka dilanjutkan dengan uji BNT (beda nyata terkecil) atau DMRT pada selang kepercayaan 95%.

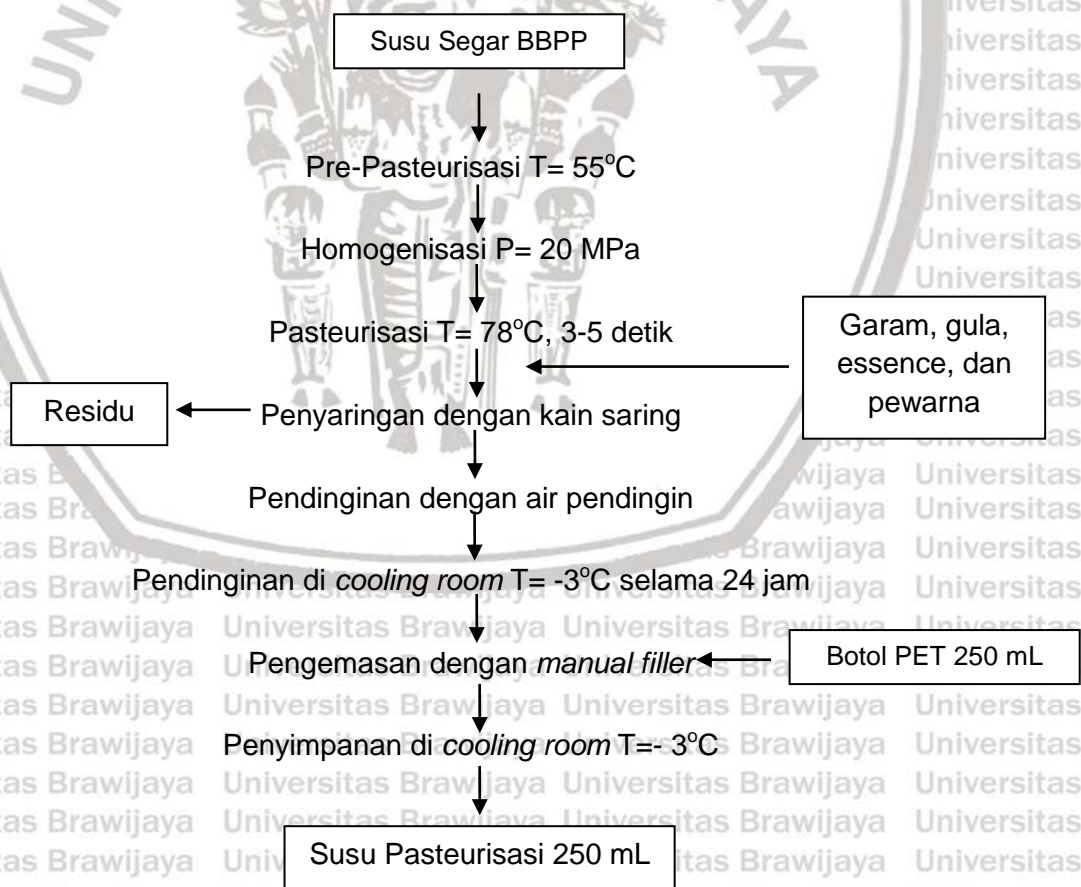
Jika data tidak terdistribusi dengan normal, maka dilanjutkan dengan analisa non-parametrik menggunakan uji Kruskal-Wallis. Apabila pada hasil uji terdapat perbedaan maka dilanjutkan dengan uji lanjut Mann-Whitney menggunakan minitab 16

Pemilihan perlakuan terbaik dilakukan analisa dengan menggunakan metode *Multiple Attribute* (Zeleny, 1982).

3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Pembuatan Susu Pasteurisasi di BBPP

Bahan yang digunakan antara lain susu segar dari divisi ternak perah BBPP, garam, gula. Jika ingin membuat susu pasteurisasi dengan berbagai variasi rasa dapat ditambahkan perasa (*essence*) dan pewarna. Untuk alat-alat yang digunakan antara lain adalah botol plastik PET tahan panas ukuran 250 mL beserta tutupnya yang digunakan untuk media pengemas, kompor untuk proses pasteurisasi, *homogenizer* untuk homogenisasi susu, panci *stainless steel*, termometer untuk pengontrolan suhu, toples, pengaduk susu, sendok dan saringan. Pembuatan susu pasteurisasi di BBPP Batu saat ini menggunakan metode pengisian dingin (*cold filling*). Diagram alir pembuatan susu pasteurisasi di BBPP Batu dapat dilihat pada **Gambar 3.1**



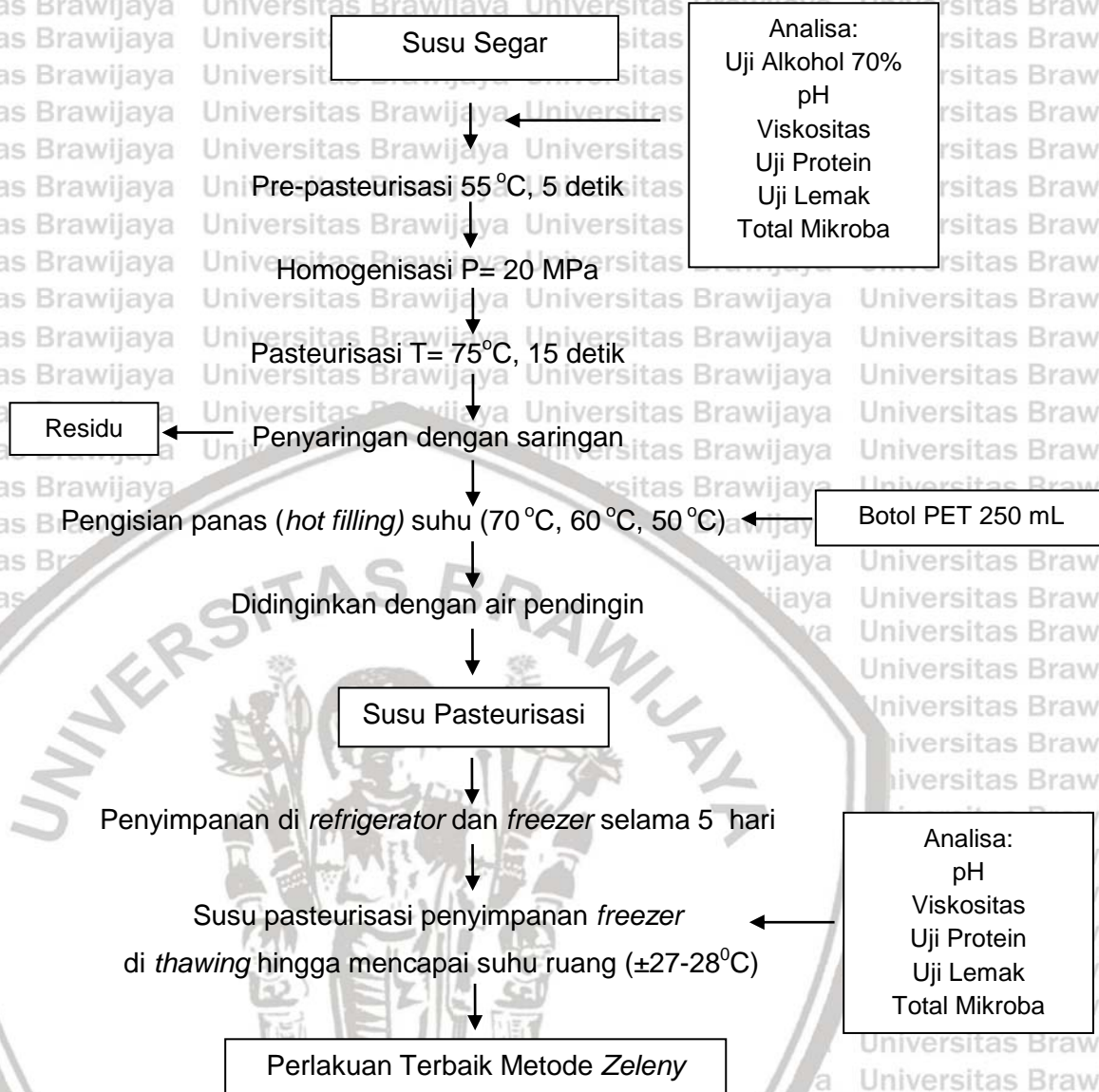
Gambar 3.1 Pembuatan Susu Pasteurisasi (BBPP, 2016)

Pembuatan susu pasteurisasi diawali dengan proses pemerahan susu yang dilakukan di Divisi Ternak Perah BBPP. Pemerahan dilakukan sebanyak dua kali dalam sehari yaitu pada pagi hari sekitar pukul 07.30-09.00 WIB dan pada sore hari sekitar pukul 14.00 WIB. Pemerahan susu dilakukan menggunakan mesin pemerah susu yang hasilnya akan langsung dialirkan melalui selang plastik kedalam wadah susu (*milkcan*) plastik. Susu hasil pemerahan disaring menggunakan kain saring untuk menyaring kotoran yang mungkin terdapat pada susu. Selanjutnya dilakukan uji alkohol. Uji alkohol dilakukan untuk menentukan kualitas susu segar dan layak tidaknya susu dilakukan pengolahan lebih lanjut. Keasaman susu akan membuat susu menjadi rusak. Bila menggunakan alkohol 70% susu mengalami penggumpalan maka uji tersebut positif dan susu telah mengalami kerusakan. Setelah pengujian, susu segar di pre-pasteurisasi pada suhu 55°C. Kemudian dilakukan homogenisasi menggunakan *homogenizer* dengan tekanan 20 MPa yang berfungsi untuk memecah atau memperkecil globula lemak pada susu. Setelah itu diikuti dengan proses pasteurisasi susu menggunakan *waterbath* pada suhu 78°C, 3-5 detik. Selama proses pasteurisasi, ditambahkan bahan lain seperti garam, gula, perasa (*essence*) dan pewarna. Setelah selesai dilakukan pasteurisasi, susu disaring menggunakan alat saring untuk menyaring kotoran-kotoran yang mungkin berasal dari susu, bahan tambahan maupun alat-alat yang digunakan selama pasteurisasi. Kemudian susu didinginkan menggunakan air mengalir yang berfungsi sebagai kejutan panas (*heat shock*) pada susu. Proses pendinginan dianggap cukup jika suhu pada bagian luar wadah susu (*milkcan*) sudah terasa hangat saat bagian punggung tangan di tempelkan. Setelah itu susu dimasukkan ke dalam ruang pendingin (*cooling room*) yang bersuhu -3°C selama sehari atau 24 jam. Setelah disimpan dalam ruang pendingin (*cooling room*), susu kemudian dikemas menggunakan pengisi manual (*manual filler*) ke dalam kemasan botol PET dengan volume 225 mL (*cool filling*). setelah proses pengemasan, susu disimpan kembali dalam *cooling room* dan selanjutnya akan di distribusikan ke outlet.

3.4.2 Pembuatan Susu Pasteurisasi Pengisian Panas (*Hot Filling*)

Pada penelitian ini digunakan jenis susu pasteurisasi *plain*. Susu segar yang diperoleh dilakukan analisa terlebih dahulu kualitasnya menggunakan uji alkohol

70% dan dilanjutkan dengan proses pre-pasteurisasi hingga mencapai suhu 55°C selama 5 detik. Jika uji alkohol positif menandakan susu mulai masam, hal ini disebabkan karena terdapat kolostrum dan kemungkinan ada penyakit (Sudarwanto, 2005). Uji alkohol ini dilakukan untuk memeriksa kualitas susu segar dan untuk menentukan layak tidaknya susu untuk dilakukan proses lebih lanjut. Selain itu, dilakukannya uji alkohol 70% disebabkan karena di BBPP juga dilakukan uji alkohol 70%. Setelah itu proses homogenisasi menggunakan *homogenizer* dengan P=20 MPa. Lalu dilanjutkan proses inti yaitu pasteurisasi pada suhu 75°C selama 15 detik. Kemudian dilakukan penyaringan untuk menyaring kotoran yang mungkin masih tersisa di susu maupun pada alat-alat yang digunakan pada proses pasteurisasi. Setelah itu, susu yang masih dalam keadaan panas (suhu 70°C, 60°C dan 50°C) langsung dilakukan pengisian metode *hot filling* ke dalam botol PET ukuran 250 mL. Susu yang sudah dikemas, direndam di dalam air dingin yang berfungsi sebagai kejutan panas (*heat shock*) hingga mencapai suhu ruang. Kemudian susu pasteurisasi di simpan dalam *refrigerator* dan *freezer* selama 5 hari. Penggunaan suhu *refrigerator* dan *freezer* ini disebabkan karena pada suhu tersebut dapat memperpanjang masa simpan dari susu pasteurisasi. Sebagian besar konsumen BBPP cenderung menyukai produk susu pasteurisasi dalam bentuk beku (*freezer*) namun pada penyimpanan *freezer* juga dapat menyebabkan terjadinya *freezing injury* susu pasteurisasi. Tahap terakhir adalah susu pasteurisasi yang telah disimpan selama 5 hari dianalisa meliputi analisa fisik, kimia dan mikrobiologi. Untuk susu penyimpanan *freezer*, sebelum dianalisa, dilakukan proses *thawing* terlebih dahulu hingga mencapai suhu ruang ($\pm 27-28^{\circ}\text{C}$). Selanjutnya dilakukan analisa perlakuan terbaik pada semua parameter menggunakan metode *Zeleny*. Diagram alir susu pasteurisasi dan menggunakan metode pengisian panas (*hot filling*) dapat dilihat pada **Gambar 3.2**



Gambar 3.2 Modifikasi Pasteurisasi Susu Pengisian Panas (*Hot Filling*) (BBPP, 2016)

3.5 Analisa Perlakuan Sampel

Analisa sampel susu segar maupun susu pasteurisasi dilakukan terhadap parameter fisik, kimia dan mikrobiologi yang meliputi uji pH, viskositas, kadar protein terlarut, kadar lemak dan total mikroba yang terlampir pada **Lampiran 1**.

IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Uji pH

Untuk analisa bahan baku yang telah dilakukan terhadap parameter pH pada susu segar dapat dilihat pada **Tabel 4.1**

Tabel 4. 1 pH Susu Segar

Perlakuan	Ulangan			Jumlah	Rerata \pm SD
	I	II	III		
Susu Segar	6,49	6,43	6,48	19,4	6,47 \pm 0,03

Untuk hasil penelitian terhadap susu pasteurisasi berdasarkan parameter pH dapat dilihat pada **Tabel 4.2**

Tabel 4.2 Rerata pH Susu Pasteurisasi

Suhu Pengisian (Filling) (T)	pH		
	Tanpa Penyimpanan \pm SD (S ₁)	Refrigerator H ₅ \pm SD (S ₂)	Freezer H ₅ \pm SD (S ₃)
70 °C (T₁)	6,53 \pm 0,02	6,50 \pm 0,01	6,52 \pm 0,02
60 °C (T₂)	6,53 \pm 0,02	6,51 \pm 0,01	6,52 \pm 0,01
50 °C (T₃)	6,53 \pm 0,01	6,50 \pm 0,02	6,53 \pm 0,01

Keterangan: 1. Data yang diperoleh merupakan rata-rata dari 3 ulangan
2. H₅ merupakan analisa yang dilakukan pada hari ke-5

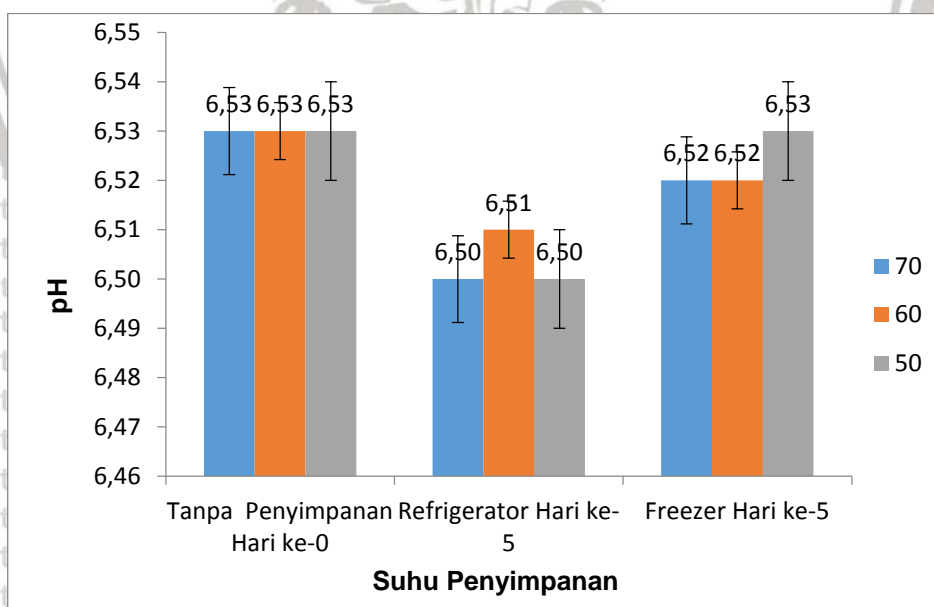
Berdasarkan Tabel 4.2 dapat diketahui bahwa rata-rata nilai pH susu pasteurisasi memiliki nilai pH yang cenderung lebih tinggi jika dibandingkan dengan susu segar dengan nilai pH 6,47. Hal ini diduga karena proses pasteurisasi hanya dapat membunuh sebagian mikroorganisme pembusuk maupun patogen yang ada pada susu segar. Proses pasteurisasi adalah proses yang bertujuan untuk mengeliminasi patogen spesifik atau patogen yang berhubungan dengan produk dan mengeliminasi mikroorganisme pembusuk serta dapat menekan jumlah bakteri yang terdapat di dalam susu (Adam dan Moss, 2008). Hasil penelitian yang dilakukan sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Sugitha dan Djalil (2010) yang menyatakan bahwa susu sapi

segar memiliki pH antara 6,4-6,8 yang menggambarkan bahwa susu sapi segar memiliki pH yang cenderung normal. Soejoedono (1999) menyatakan bahwa pH normal susu segar dikarenakan adanya kasein, buffer, fosfat dan sitrat, secara terbatas karena adanya albumin, globulin dan CO_2 . Kenaikan atau penurunan pH dapat disebabkan karena adanya hasil konversi dari laktosa menjadi asam laktat oleh mikroorganisme dan aktivitas enzimatik (Manik, 2006).

Berdasarkan analisa normalitas menggunakan metode Kolmogorov Smirnov (**Lampiran 4**) menunjukkan bahwa data pH susu pasteurisasi tidak terdistribusi dengan normal sehingga dilakukan analisa data non parametrik (Kruskal Wallis).

Berdasarkan analisa menggunakan Kruskal Wallis (**Lampiran 4**) diperoleh hasil bahwa terdapat pengaruh perlakuan suhu penyimpanan terhadap pH susu pasteurisasi ($P \text{ Value} < 0,05$).

Berdasarkan data pada Tabel 4.2 rerata pH susu pasteurisasi yang disimpan di *refrigerator* yaitu $T_1=6,50$, $T_2=6,51$ dan $T_3=6,50$ maupun yang disimpan di *freezer* yaitu $T_1=6,52$, $T_2=6,52$ dan $T_3=6,53$ tidak terlalu banyak perbedaan. Dari tabel juga ditunjukkan bahwa nilai pH dari susu semakin rendah seiring bertambahnya waktu penyimpanan. Perlakuan suhu penyimpanan terhadap pH susu pasteurisasi dari 3 ulangan juga dapat dilihat pada **Gambar 4.1**



Gambar 4.1 Rerata pH Susu Pasteurisasi

Berdasarkan Grafik 4.1 dapat dilihat bahwa perbedaan suhu penyimpanan dapat mempengaruhi nilai pH susu pasteurisasi. Hal tersebut dapat dilihat pada grafik bahwa rerata sampel susu pasteurisasi yang disimpan di *refrigerator* memiliki nilai pH yang lebih rendah jika dibandingkan dengan penyimpanan *freezer*. Hal ini diduga karena suhu *freezer* lebih rendah jika dibandingkan suhu *refrigerator* sehingga metabolisme mikroba yang masih berada dalam susu pasteurisasi lebih dapat diminimalkan. Hal ini sudah sesuai dengan literatur yang menyebutkan bahwa pada suhu *freezer* mikroba tidak mengalami pertumbuhan karena air bebas yang ada diubah menjadi kristal es sehingga mikroba tidak bisa menggunakan air bebas tersebut untuk aktivitasnya (Agritama, 2013). Hal ini akan berpengaruh terhadap jumlah mikroorganisme yang terdapat pada susu pasteurisasi, dimana jumlah mikroorganisme pada penyimpanan *freezer* lebih sedikit dibandingkan dengan *refrigerator*. Semakin banyak jumlah bakteri dalam susu, maka hasil aktifitas dari bakteri akan semakin banyak (Mustajib, 2010).

Berdasarkan uji lanjut Mann-Whitney (**Lampiran 4**) diperoleh hasil bahwa susu pasteurisasi tanpa penyimpanan berbeda signifikan dengan susu penyimpanan *refrigerator* maupun *freezer* ($P \text{ Value} < 0,05$). Penyimpanan *refrigerator* maupun *freezer* memiliki nilai pH lebih rendah dibandingkan tanpa penyimpanan. Hal ini disebabkan karena semakin lama waktu penyimpanan maka semakin tinggi tingkat keasaman dari susu pasteurisasi. Hal tersebut terjadi disebabkan karena adanya aktivitas bakteri pembusuk asam laktat seperti *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus lactic*, dan *Lactobacillus thermophilus* (Suhendar, 1993). Selama penyimpanan bakteri pembusuk ini akan mengubah laktosa menjadi asam laktat yang akan menyebabkan sampel menjadi asam dan pH menjadi menurun.

Selain itu bakteri asam laktat dalam susu juga akan menghasilkan asam laktat sehingga akan terjadi peningkatan keasaman sehingga pH susu akan turun (Winarno *et al*, 1981). Sehingga tingkat keasaman berbanding terbalik dengan nilai pH suatu bahan pangan. Menurut penelitian yang dilakukan Elrahman *et al*. (2013) tingkat keasaman susu pasteurisasi yang disimpan pada suhu 5°C adalah 0,141% dan memiliki nilai pH 7,06. Winarno (1998) menambahkan bahwa nilai pH pada bahan pangan mempengaruhi keaktifan enzim dan aktivitas mikroorganisme, sehingga pH dapat digunakan sebagai acuan untuk menentukan tingkat kerusakan bahan pangan. Masih adanya mikroba susu pasteurisasi disebabkan karena proses pasteurisasi hanya mengeliminasi

sebagian mikroorganisme pada susu sedangkan untuk mikroba yang tahan terhadap suhu tinggi seperti *Enterococcus*, *Streptococcus*, *Thermophilus* dan *Lactobacillus* masih dapat tumbuh dan menyebabkan fermentasi asam laktat.

4.2 Uji Viskositas

Data hasil penelitian viskositas dari susu segar dan susu pasteurisasi dapat dilihat pada Tabel 4.4 dan Tabel 4.5

Tabel 4.3 Viskositas Susu Segar

Perlakuan	Ulangan (cP)			Jumlah (cP)	Rerata (cP) ± SD
	I	II	III		
Susu Segar	4	5	4	13	4 ± 0,02

Tabel 4.4 Rerata Viskositas Susu Pasteurisasi

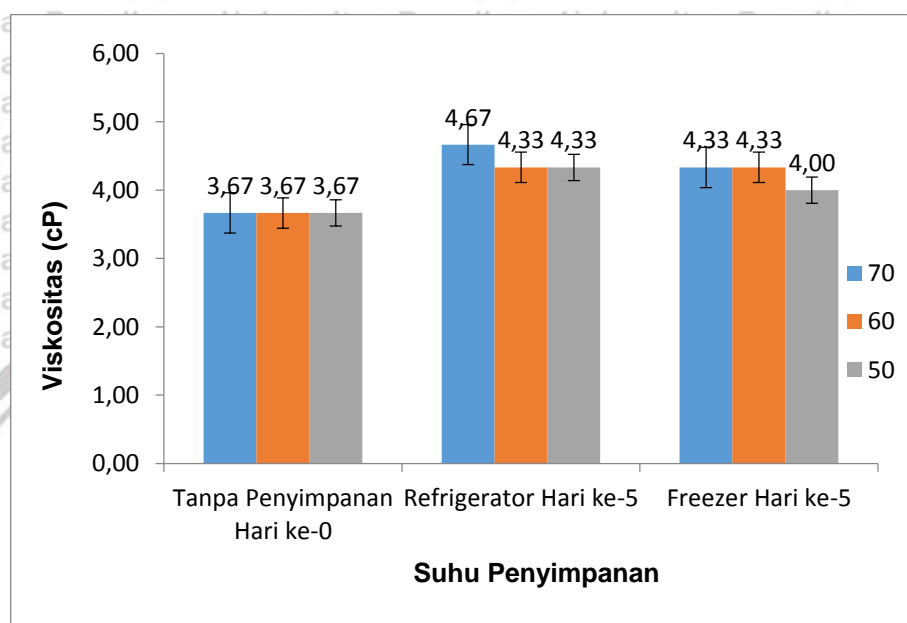
Suhu Pengisian (Filling) (T)	Viskositas (cP)			
	Tanpa Penyimpanan ± SD (S ₁)	Refrigerator H ₅ ± SD (S ₂)	Freezer H ₅ ± SD (S ₃)	
70 °C (T ₁)	4 ± 1	5 ± 1	4 ± 1	
60 °C (T ₂)	4 ± 1	4 ± 1	4 ± 1	
50 °C (T ₃)	4 ± 1	4 ± 1	4 ± 0	

Keterangan: 1. Data yang diperoleh merupakan rata-rata dari 3 ulangan

2. H₅ merupakan analisa yang dilakukan pada hari ke-5

Berdasarkan Tabel 4.6 diketahui bahwa rerata viskositas susu pasteurisasi tanpa penyimpanan di semua suhu pengisian (*filling*) memiliki nilai yang sama yaitu 4 cP (3,67 cP). Viskositas tersebut cenderung lebih rendah jika dibandingkan dengan viskositas susu segar yaitu 4 cP (4,33 cP). Hasil tersebut sejalan dengan literatur yang menyebutkan bahwa viskositas susu segar akan menurun ketika diberikan perlakuan panas ketika proses pasteurisasi (Muchtadi dan Sugiyono, 2010). Susu yang dilakukan proses pengadukan cukup lama akan menyebabkan viskositasnya menurun. Pasteurisasi merupakan proses pengolahan susu menggunakan panas sehingga akan mempengaruhi viskositas. Pemanasan dapat menyebabkan molekul-molekul memperoleh energi. Energi tersebut akan digunakan oleh molekul cairan untuk bergerak sehingga gaya interaksi antar molekul melemah sehingga viskositas cairan akan turun dengan kenaikan temperatur (Rao, 2003).

Rataan viskositas susu pasteurisasi memiliki rentang nilai antara 4-5 cP. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Hasil Warkoyo dan Hidayatmoko (2007) yang menyatakan bahwa produk susu pasteurisasi dipasaran memiliki nilai 4 cP. Data hasil uji viskositas susu pasteurisasi dapat dilihat pada **Gambar 4.2**



Gambar 4.2 Rerata Viskositas Pasteurisasi

Berdasarkan Gambar 4.2 dapat dilihat bahwa nilai rerata viskositas tertinggi terdapat pada sampel yang disimpan pada *refrigerator* dan *freezer*. Hal ini terjadi karena suhu *refrigerator* dan *freezer* memiliki suhu rendah jika dibandingkan dengan suhu kontrol (tanpa penyimpanan). Suhu rendah akan menyebabkan kenaikan viskositas susu, hal ini disebabkan karena terjadi *clumping* (gumpalan) dari globula globula lemak (Array, 2008). Kesmavet (2008) menambahkan bahwa pada suhu tinggi kekentalan dari air susu akan berkurang sedangkan pada suhu rendah kekentalannya akan meningkat (Michal, 2010).

Analisa normalitas menggunakan metode Kolmogorov Smirnov (**Lampiran 5**) menunjukkan bahwa data viskositas susu pasteurisasi ini tidak terdistribusi dengan normal sehingga dilakukan analisa data non parametrik (Kruskal Wallis).

Berdasarkan analisa menggunakan Kruskal Wallis (**Lampiran 5**) diperoleh hasil bahwa terdapat pengaruh perlakuan suhu penyimpanan terhadap viskositas susu pasteurisasi ($P \text{ Value} < 0,05$).

Berdasarkan uji lanjut Mann-Whitney terhadap parameter suhu penyimpanan diperoleh hasil bahwa susu pasteurisasi tanpa penyimpanan berbeda signifikan dengan penyimpanan *refrigerator* sedangkan penyimpanan *refrigerator* berbeda signifikan dengan *freezer* (**Lampiran 5**).

Pada suhu dingin susu pasteurisasi mengalami *clumping* (gumpalan) dari globula-globula lemak. Penurunan temperatur pada susu akan menyebabkan penggumpalan pada lemak (Saleh, 2004). Mas'ud (2012) juga menambahkan bahwa penurunan suhu menyebabkan konsistensi lemak susu menjadi padat. Berat jenis lemak yang padat lebih berat dibandingkan dengan berat jenis lemak cair sehingga susu pasteurisasi pada penyimpanan dingin memiliki berat jenis yang lebih tinggi sehingga viskositasnya juga meningkat. Selain suhu penyimpanan, faktor lain yang menyebabkan adanya perbedaan viskositas adalah lama penyimpanan, dimana susu pasteurisasi pada suhu dingin (*refrigerator* dan *freezer*) yang disimpan selama 5 hari cenderung memiliki viskositas yang lebih tinggi dibandingkan susu pasteurisasi tanpa penyimpanan (kontrol). Umumnya protein pada susu akan menurun seiring dengan waktu penyimpanan karena terjadi proses fermentasi susu oleh mikroba pembusuk sehingga susu mengalami denaturasi. Denaturasi karena terjadinya fermentasi menyebabkan protein menjadi terkoagulasi dan menggumpal (Ophart 2013). Seiring bertambahnya waktu penyimpanan pertumbuhan mikroba pada susu pasteurisasi semakin banyak. Hal ini dibuktikan pada penelitian bahwa pada penyimpanan hari ke-5 pertumbuhan mikroorganisme semakin banyak (**Lampiran 3**). Protein yang terkoagulasi dan menggumpal menyebabkan berat jenis dari susu pasteurisasi meningkat yang akan berdampak pula pada meningkatnya viskositas susu. Susu pasteurisasi yang disimpan pada suhu 5°C memiliki berat jenis 1,028 g/mL (Elrahman *et al.*, 2013). Menurut Heryansyah (2011) berat jenis berbanding lurus dengan viskositas, dimana semakin tinggi berat jenis susu maka viskositasnya juga akan meningkat. Wahyudi dan Samsundari (2008) juga menyatakan bahwa terbentuknya asam laktat oleh bakteri asam laktat seiring dengan meningkatnya lama waktu penyimpanan menyebabkan peningkatan total asam sehingga kasein mengalami koagulasi pembentuk gel. Terbentuknya gel menyebabkan tekstur menjadi semi padat sehingga viskositasnya meningkat.

4.3 Uji Protein Terlarut

Analisa protein terlarut susu pasteurisasi menggunakan metode biuret. Hasil protein terlarut susu segar dan susu pasteurisasi dapat dilihat pada **Tabel 4.7** dan **Tabel 4.8**

Tabel 4.5 Protein Terlarut (%) Susu Segar

Perlakuan	Ulangan (%)			Jumlah(%)	Rerata (%) \pm SD
	I	II	III		
Susu Segar	0,64	0,75	0,71	2,10	0,70 \pm 0,06

Berdasarkan Tabel 4.7 terlihat bahwa rerata protein terlarut susu segar adalah 0,70%. Protein terlarut adalah suatu oligopeptida atau asam-asam amino yang mudah diserap oleh sistem pencernaan sedangkan protein total merupakan pengukuran kandungan nitrogen (N) dalam sampel (Purwoko, 2006). Menurut Winarno (1993) kadar protein total susu sapi segar sekitar 3,5% dan menurut Soeharsono (1996) antara 1,5-4%. Kandungan protein yang terdapat pada susu dipengaruhi oleh beberapa faktor, salah satunya adalah faktor jenis pakan yang diberikan. Balai Besar Pelatihan Peternakan Batu, Malang menggunakan kombinasi jenis pakan hijauan (rumput lapang) dan konsentrat. Menurut penelitian yang dilakukan Sukarini (2006) menyebutkan bahwa melakukan kombinasi pakan hijauan dan konsentrat pada pakan ternak akan mampu menghasilkan kadar protein susu yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan yang tidak diberikan perlakuan kombinasi pakan.

Tabel 4.6 Rerata % Protein Terlarut Susu Pasteurisasi

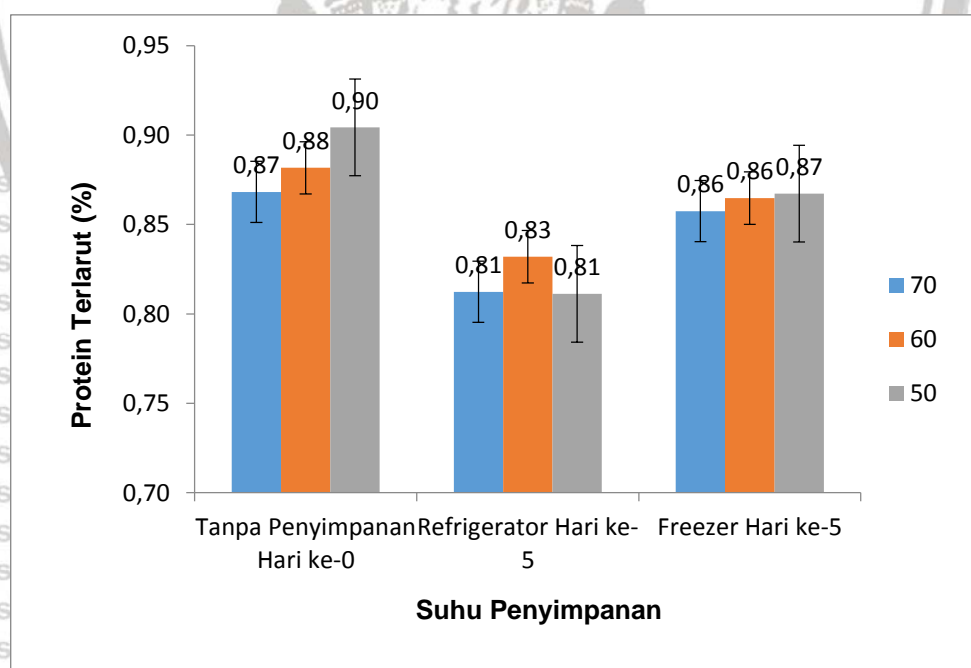
Suhu Pengisian (Filling) (T)	Protein Terlarut (%)		
	Tanpa Penyimpanan \pm SD (S ₁)	Refrigerator H ₅ \pm SD (S ₂)	Freezer H ₅ \pm SD (S ₃)
70 °C (T ₁)	0,87 \pm 0,02	0,81 \pm 0,02	0,86 \pm 0,03
60 °C (T ₂)	0,88 \pm 0,02	0,83 \pm 0,06	0,86 \pm 0,02
50 °C (T ₃)	0,90 \pm 0,02	0,81 \pm 0,02	0,87 \pm 0,02

Keterangan: 1. Data yang diperoleh merupakan rata-rata dari 3 ulangan

2. H₅ merupakan analisa yang dilakukan pada hari ke-5

Rerata kadar protein terlarut susu pasteurisasi memiliki nilai tertinggi 0,90% dan nilai terendah 0,81%. Berdasarkan data tersebut juga dapat dilihat bahwa

terjadi peningkatan kadar protein terlarut dari susu segar dan setelah dilakukan proses pasteurisasi. Rerata kadar protein susu segar sekitar 0,70% sedangkan rerata untuk susu pasteurisasi berkisar antara 0,81-0,90%. Menurut (Ophart, 2003) menyatakan bahwa suhu panas dapat digunakan untuk merusak ikatan hidrogen dan interaksi hidrofilik non polar. Hal ini terjadi karena suhu tinggi dapat meningkatkan energi kinetik dan menyebabkan molekul penyusun protein bergerak atau bergetar sangat cepat sehingga mengacaukan ikatan molekul tersebut. Ophart (2003) lebih lanjut menjelaskan bahwa pemanasan dapat mendenaturasi protein yang ada pada bahan pangan sehingga kemampuan dalam mengikat air menurun. Hal ini terjadi karena energi panas akan mengakibatkan terputusnya interaksi non kovalen yang ada pada struktur alami protein tetapi tidak memutus ikatan kovalen yang berupa ikatan peptida. Sehingga proses pemanasan dapat menurunkan kadar protein total dan meningkatkan kadar protein terlarut. Hasil analisa ragam (**Lampiran 6**) menunjukkan bahwa perbedaan suhu penyimpanan berpengaruh nyata ($\alpha=0,05$) terhadap kadar protein terlarut susu pasteurisasi. Kadar protein terlarut susu pasteurisasi dari 3 ulangan dapat dilihat pada **Gambar 4.3**



Gambar 4.3 Rerata Kadar Protein Terlarut Susu Pasteurisasi

Berdasarkan Gambar 4.3 dapat dilihat bahwa rerata kadar protein terlarut tertinggi terdapat pada sampel susu pasteurisasi tanpa penyimpanan sedangkan sampel yang disimpan di suhu dingin (*refrigerator* dan *freezer*) memiliki kadar protein yang lebih rendah. Hal ini disebabkan karena kadar protein menurun seiring dengan bertambahnya waktu penyimpanan. Hal ini sejalan dengan pernyataan Schroeder (2012) yang menyatakan presentase protein susu umumnya menurun seiring dengan lamanya waktu simpan. Hadiwiyoto (1994) juga menambahkan bahwa penyimpanan susu dalam waktu lama memberikan peluang besar untuk mempercepat pertumbuhan mikroba sehingga mengakibatkan penurunan kadar protein susu. Semakin lama susu disimpan maka semakin meningkat keasamannya dan pH akan semakin menurun dikarenakan terjadi proses fermentasi susu oleh mikroorganisme. Susu yang asam akan menyebabkan denaturasi protein yang dapat menyebabkan degradasi protein. Denaturasi protein menyebabkan protein kehilangan fungsinya sehingga protein berkurang seiring dengan lama waktu penyimpanan (Tetrian et al., 2008).

Uji BNT perlakuan suhu penyimpanan terhadap kadar protein terlarut susu pasteurisasi dapat dilihat pada **Tabel 4.9**

Tabel 4.7 Nilai BNT Susu Pasteurisasi

Penyimpanan	Rerata (%)	Notasi	BNT (5%)
Tanpa Penyimpanan	0,88	a	0,03
<i>Refrigerator</i>	0,82	b	
<i>Freezer</i>	0,86	a	

Keterangan: 1. Data yang diperoleh merupakan rata-rata dari 3 ulangan

2. Huruf yang berbeda menunjukkan pengaruh yang berbeda nyata pada selang kepercayaan 95% ($\alpha = 0,05$)

Protein terlarut susu pasteurisasi tanpa penyimpanan berbeda nyata dengan penyimpanan *refrigerator* sedangkan penyimpanan *freezer* berbeda nyata dengan penyimpanan di *refrigerator*. Perbedaan ini disebabkan karena seiring dengan bertambahnya waktu penyimpanan, kadar protein dalam susu akan menurun akibat adanya proses denaturasi. Untuk perbedaan antara suhu *refrigerator* dan *freezer* disebabkan karena penyimpanan di *freezer* memiliki suhu yang lebih rendah dan berhubungan dengan aktivitas mikroorganisme dalam susu pasteurisasi. Pada suhu rendah, aktivitas metabolisme dari mikroorganisme dapat dihambat sehingga penurunan kadar protein sampel penyimpanan *freezer*

dapat diminimalkan. Hal ini sejalan dengan pendapat Ophart (2013) yang menyebutkan bahwa denaturasi terjadi karena adanya susu yang asam akibat dari metabolisme mikroba seiring dengan penyimpanan susu dalam waktu yang lama sehingga protein menjadi terkoagulasi dan menggumpal. Gumpalan pada susu terjadi karena reaksi proteolisis yang dipengaruhi oleh suhu rendah, inaktivasi bakteri pembentuk asam oleh panas, pemecahan asam yang terbentuk pada susu oleh kapang dan khamir atau netralisasi asam oleh produk mikroba lainnya (Heryansyah 2011). Proteolisis merupakan pengerutan gumpalan susu dan pengeluaran whey yang berlebihan yang diikuti dengan pemecahan gumpalan susu sehingga penampakkannya berubah dari keruh menjadi bening. Proses proteolisis ini menjadi unsur atau substansi yang dimanfaatkan oleh mikroorganisme sebagai energi. Pada mekanisme perubahan ini akan dihasilkan air yang secara otomatis akan menyebabkan konsentrasi protein menurun. Bakteri yang mempunyai sifat proteolitik aktif adalah *Micrococcus*, *Alcaligenes*, *Pseudomonas*, *Flavobacterium*, *Serratia* dan bakteri pembentuk spora seperti *Bacillus* dan *Clostridium*.

4.4 Uji Lemak

Berdasarkan analisa normalitas menggunakan metode Kolmogorov Smirnov (**Lampiran 7**) menunjukkan bahwa data kadar lemak susu pasteurisasi ini tidak terdistribusi dengan normal sehingga dilakukan analisa data non parametrik (Kruskal Wallis). Berdasarkan analisa menggunakan Kruskal Wallis (**Lampiran 7**) diperoleh hasil bahwa terdapat pengaruh perlakuan suhu penyimpanan terhadap kadar lemak susu pasteurisasi ($P \text{ Value} < 0,05$). Data hasil lemak susu segar dan susu pasteurisasi dapat dilihat pada **Tabel 4.10** dan **Tabel 4.11**

Tabel 4.8 Lemak (%) Susu Segar

Perlakuan	Ulangan (%)			Jumlah (cP)	Rerata (cP) \pm SD
	I	II	III		
Susu Segar	4,1	3,9	3,9	11,9	3,97 \pm 0,12

Berdasarkan Tabel 4.8 terlihat bahwa rata-rata lemak susu segar adalah 3,97%. Standar Nasional Indonesia mensyaratkan persen kadar lemak dalam susu sapi

segar minimal adalah 3,0% (SNI, 2011). Jika dibandingkan dengan hasil penelitian yang dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa kadar lemak susu segar Balai Besar Pelatihan Peternakan telah memenuhi standar yang ditetapkan oleh pemerintah.

Menurut Muchtadi dan Sugiyono (2010) kadar lemak yang terdapat dalam susu dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu: 1) Pakan ternak yaitu kadar lemak rendah yang terkandung dalam bahan akan mempengaruhi kadar lemak susu yang dihasilkan; 2) Pengaruh iklim yaitu pada musim dingin kadar lemak susu yang dihasilkan lebih tinggi; 3) Waktu laktasi dan prosedur pemerahan dimana sapi perah yang baru melahirkan akan mempunyai kadar lemak susu yang tinggi, akan tetapi dengan meningkatnya produksi susu sampai dengan sekitar 6-8 minggu laktasi, kadar lemak susu akan mengalami penurunan dan akan meningkat kembali pada akhir laktasi (0,5-1,5%) 4) Umur ternak dimana semakin tua umur ternak maka kadar lemak yang dihasilkan semakin rendah. Produksi susu sapi perah umumnya mencapai puncak tertinggi pada umur sekitar 6-8 tahun sehingga sejak umur laktasi pertama sampai dengan laktasi berikutnya pada umur 6-8 tahun produksi susu akan mengalami peningkatan dan setelah umur tersebut akan mulai mengalami penurunan; 5) Waktu pemerahan yang berbeda akan menghasilkan kadar lemak yang berbeda pula dimana pemerahan pada pagi akan menghasilkan lemak yang lebih tinggi dibandingkan pada pemerahan sore hari.

Tabel 4.9 Rerata Lemak (%) Susu Pasteurisasi

Suhu Pengisian (Filling) (T)	Lemak (%)		
	Tanpa Penyimpanan ± SD (S ₁)	Refrigerator H ₅ ± SD (S ₂)	Freezer H ₅ ± SD (S ₃)
70 °C (T ₁)	3,6 ± 0,1	3,4 ± 0,1	3,5 ± 0,0
60 °C (T ₂)	3,6 ± 0,2	3,4 ± 0,1	3,5 ± 0,1
50 °C (T ₃)	3,5 ± 0,1	3,5 ± 0,1	3,5 ± 0,1

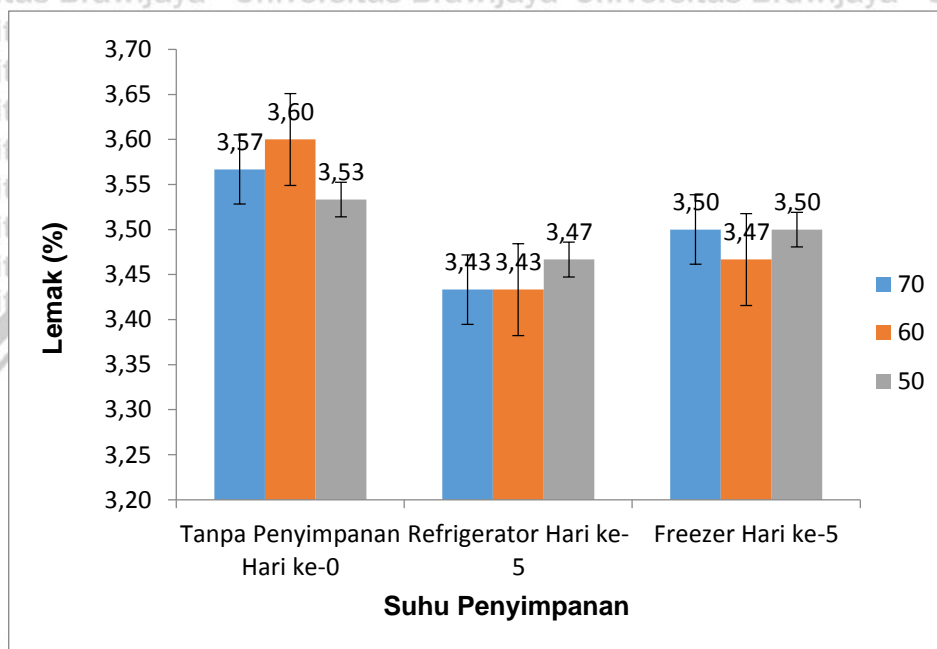
Keterangan: 1. Data yang diperoleh merupakan rata-rata dari 3 ulangan

2. H₅ merupakan analisa yang dilakukan pada hari ke-5

Berdasarkan penelitian diperoleh hasil kadar lemak susu pasteurisasi mengalami penurunan dari susu segar. Kadar lemak susu pasteurisasi tanpa penyimpanan pada suhu *filling* 70, 60, dan 50°C secara berturut-turut adalah 3,6; 3,6 dan 3,5%. Penurunan kadar lemak susu segar setelah dilakukan pasteurisasi tidak terlalu signifikan. Hal ini terjadi karena perlakuan panas (pasteurisasi) tidak

memiliki dampak yang besar terhadap kadar lemak. Pemanasan komersial, seperti pasteurisasi susu tidak mempengaruhi lemak susu (Claeys *et al.*, 2012).

Berdasarkan uji lanjut Mann-Whitney terhadap parameter suhu penyimpanan diperoleh hasil bahwa susu pasteurisasi tanpa penyimpanan berbeda signifikan dengan penyimpanan *refrigerator* (**Lampiran 7**). Kadar lemak susu pasteurisasi dapat dilihat pada **Gambar 4.4**



Gambar 4.4 Rerata Kadar Lemak Susu Pasteurisasi

Berdasarkan Gambar 4.4 susu pasteurisasi yang disimpan pada suhu *refrigerator* dan *freezer* memiliki kadar lemak lebih rendah dibandingkan tanpa penyimpanan. Rerata kadar lemak susu pasteurisasi di *refrigerator* menggunakan suhu *filling* 70, 60, dan 50°C secara berturut-turut adalah 3,4;3,4 dan 3,5% sedangkan pada suhu *freezer* rata-rata kadar lemaknya sama yaitu 3,5%. Kadar lemak susu pasteurisasi yang disimpan pada suhu 5°C yaitu sekitar 3,3% (Elrahman, 2013). Penurunan kadar lemak dari susu pasteurisasi tanpa penyimpanan disebabkan karena semakin lama waktu penyimpanan akan mengakibatkan kandungan lemak susu pasteurisasi semakin menurun. Lemak yang ada pada susu akan semakin banyak yang terhidrolisis akibat adanya enzim lipase yang dihasilkan oleh bakteri asam laktat yang akan menyebabkan penurunan kadar lemak pada susu pasteurisasi (Hastorini, 2011). Kadar lemak

susu tergantung dari genetik, pakan, cara pemeliharaan, iklim, masa laktasi dan kesehatan hewan (Fitriyanto *et al.*, 2013). Lemak susu merupakan trigliserida campuran dari asam lemak jenuh dan asam lemak tak jenuh. Pada lemak susu sering terjadi kerusakan, misalnya ketengikan yang disebabkan enzim lipase yang dihasilkan oleh pertumbuhan mikroorganisme dalam susu pasteurisasi. Pertumbuhan mikroorganisme dalam susu pasteurisasi menyebabkan penurunan mutu susu seperti penggumpalan susu yang disebabkan aktivitas bakteri *Bacillus cereus*. Bakteri ini dapat menghasilkan enzim yang mencerna lapisan tipis fosfolipid di sekitar butir-butir lemak sehingga menyebabkan terbentuknya gumpalan di permukaan susu dan beberapa bakteri dari genus *Pseudomonas* dan *Enterobacteriaceae* (Lund *et al.*, 2000).

Selain disebabkan karena adanya hidrolisis, penurunan kadar lemak juga disebabkan karena kadar lemak yang terkandung dalam susu pasteurisasi berubah menjadi flavor dan energi yang digunakan oleh bakteri patogen selama penyimpanan. Terbentuknya flavor disebabkan karena adanya reaksi lipolisis. Lipolisis adalah proses penguraian lemak menjadi asam lemak bebas oleh enzim lipase dalam susu. Lemak susu mengalami hidrolisis oleh enzim lipase dan esterase menghasilkan asam lemak bebas, digliserida, monogliserida dan gliserol. Asam lemak bebas berkontribusi terhadap aroma yang dihasilkan. Selain reaksi hidrolisis, terdapat juga reaksi oksidasi yang menyebabkan aroma tengik (Salles *et al.*, 2002).

Lemak susu pasteurisasi tanpa penyimpanan berbeda nyata dengan lemak susu pasteurisasi pada penyimpanan *refrigerator*. Perbedaan ini disebabkan karena seiring dengan bertambahnya waktu penyimpanan, kadar lemak dalam susu akan semakin menurun. Pada suhu rendah, aktivitas metabolisme dari mikroorganisme dapat dihambat. Kadar lemak penyimpanan di *freezer* seharusnya lebih tinggi jika dibandingkan dengan penyimpanan *refrigerator*. Hal ini disebabkan karena pada susu beku dilakukan proses *thawing* yang akan menyebabkan perubahan kecil pada komponen nutrisi penting. Selain itu, sistem emulsi dapat mengalami destabilisasi selama pembekuan (Estiasih dan Ahmadi, 2009). Namun berdasarkan hasil penelitian diperoleh hasil bahwa kadar lemak susu penyimpanan *freezer* lebih tinggi. Hal ini diduga disebabkan karena proses *thawing* dilakukan dengan cepat sehingga terjadinya degradasi nutrisi pada susu dapat diminimalkan.

Metabolisme mikroba yang dapat dihambat pada penyimpanan dingin akan aktif kembali ketika dilakukan *thawing*. Resistensi mikroorganisme terhadap suhu rendah bergantung pada membran sitoplasma. Penurunan suhu menyebabkan terjadinya perubahan pada membran lipid mikroba (Los dan Murata, 2004). Di suhu rendah akan terjadi konversi asam lemak jenuh menjadi asam lemak tak jenuh oleh enzim desaturase, sintesis preferensi asam lemak rantai pendek, asam lemak rantai bercabang dan asam lemak anteiso menjadi asam lemak rantai panjang dan asam lemak rantai lurus (Chattopadhyay dan Jagannadham 2001). Berdasarkan literatur tersebut kadar lemak *freezer* lebih tinggi diduga karena asam-asam lemak pada mikroba juga terhitung pada analisa. Analisa kadar lemak pada penelitian menggunakan metode gerber yang dapat menghitung semua lemak yang ada pada susu kecuali fosfolipid karena berada di fase air atau di fase antara lemak dan air. Hasil kadar lemak dari semua sampel masih memenuhi standar minimal yang ditetapkan pemerintah yaitu sekitar 2,8% (SNI, 2011).

4.5 Uji Total Mikroba

Total mikroorganisme merupakan indikator terpenting keberhasilan proses pasteurisasi yang dilakukan terhadap susu. Penghitungan jumlah mikroorganisme total dalam susu dilakukan dengan metode *Total Plate Count* (TPC). Mikroorganisme tersebut meliputi bakteri, fungi, protozoa dan virus. Kerusakan susu yang tidak layak konsumsi dapat ditunjukkan dengan meningkatnya jumlah mikroorganisme. Data hasil pengujian total mikroba terhadap susu segar dan susu yang telah dipasteurisasi dapat dilihat pada **Tabel 4.13** dan **Tabel 4.14**

Tabel 4.10 TPC Susu Segar

Perlakuan	Ulangan (log CFU/mL)			Jumlah (log CFU/mL)	Rerata (log CFU/mL) ± SD
	I	II	III		
Susu Segar	5,81	5,54	5,67	17,03	5,68 ± 0,13

Berdasarkan tabel 4.10 terlihat bahwa rerata total mikroba pada susu segar masih dibawah standar yang ditetapkan oleh pemerintah yaitu 6 log CFU/mL sehingga susu tersebut dapat dikatakan memiliki kualitas yang baik. Manajemen

pembersihan kandang yang baik dapat menurunkan TPC dan sedimen susu (Kirk, 2005). Selain itu, peralatan pemerahan juga merupakan faktor penting dalam menjaga kualitas susu segar. Jumlah kandungan mikroorganisme pada susu segar merupakan salah satu faktor yang menentukan kisaran waktu antara susu saat pasteurisasi dan diterima konsumen. Susu segar memiliki suhu 37°C yang sangat memungkinkan untuk mikroorganisme berkembang biak (Muchtadi dan Sugiyono, 2010). Untuk menghasilkan susu yang berkualitas dan aman untuk dikonsumsi konsumen, berbagai faktor yang dianggap dapat mencemari susu harus diperhatikan dan ditangani dengan benar. Proses produksi di tingkat peternak merupakan langkah awal untuk menghasilkan susu. Setiap peternak sapi perah senantiasa harus mengupayakan agar susu yang dihasilkan dapat diproduksi dan dimanfaatkan seutuhnya tanpa ada yang mengalami kerusakan. Salah satu hal yang harus diperhatikan adalah adanya kesadaran akan kebersihan lingkungan yang jika tidak ditangani dengan benar akan menyebabkan adanya kontaminasi dari berbagai mikroorganisme, sehingga akan mempengaruhi kualitas susu. Keadaan lingkungan yang kurang bersih dapat mempermudah terjadinya pencemaran.

Pencemaran dapat berasal dari berbagai sumber seperti kulit sapi, ambing, air, tanah, debu, manusia, peralatan, dan udara (Rombaut, 2005). Menurut Wallace (2008) kontaminasi *raw milk* dapat berasal dari 3 (tiga) sumber yaitu dalam puting, diluar puting dan dari permukaan peralatan penanganan susu. Mikroorganisme dapat mengakibatkan kerusakan susu, menimbulkan penyakit (terutama penyakit saluran pencernaan) bahkan keracunan bagi manusia (Murdiati *et al.*, 2004).

Mikroorganisme yang sering terdapat pada susu sapi adalah dari famili *Lactobacteriaceae* (*Streptococcus lactis*), famili *Enterobacteriaceae* (*Escherichia coli*) dan *Staphylococcus* (Djaafar dan Siti, 2007). Standar Nasional Indonesia (SNI) tahun 2011 menetapkan cemaran mikroba pada susu segar mempunyai batas maksimum total mikroorganisme (TPC) maksimal 1×10^6 cfu/mL.

Tabel 4.11 Rerata TPC Susu Pasteurisasi

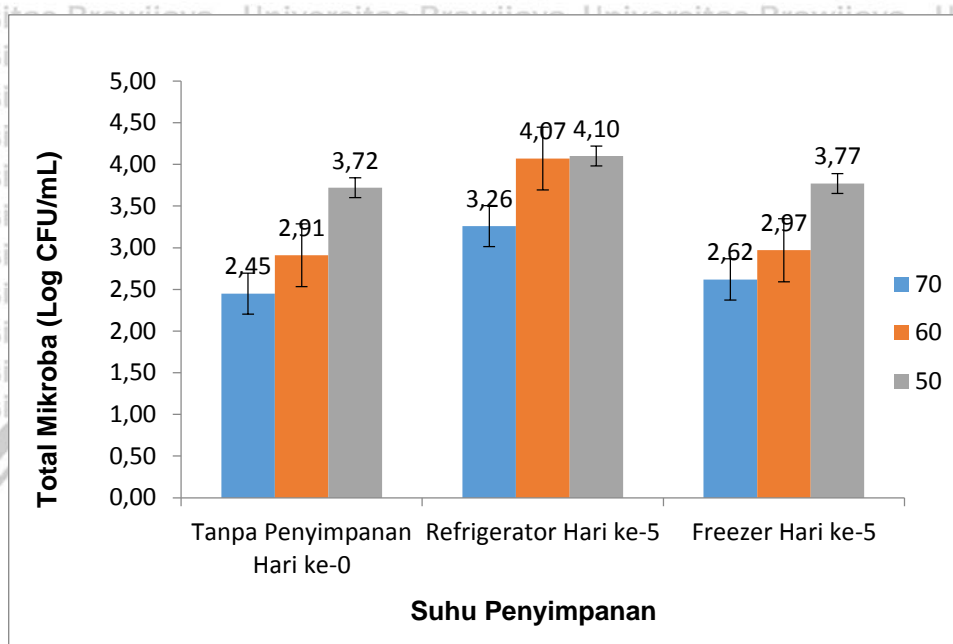
Suhu Pengisian (Filling) (T)	Total Mikroba (log CFU/mL)		
	Tanpa Penyimpanan \pm SD (S ₁)	Refrigerator H ₅ \pm SD (S ₂)	Freezer H ₁₀ \pm SD (S ₃)
70 °C (T ₁)	2,45 \pm 0,08	3,26 \pm 0,13	2,62 \pm 0,33
60 °C (T ₂)	2,91 \pm 0,04	4,07 \pm 0,06	2,97 \pm 0,51
50 °C (T ₃)	3,72 \pm 0,03	4,10 \pm 0,05	3,77 \pm 0,05

Keterangan: 1. Data yang diperoleh merupakan rata-rata dari 3 ulangan

2. H₅ merupakan analisa yang dilakukan pada hari ke-5

Berdasarkan tabel 4.20 terlihat bahwa terjadi penurunan jumlah total mikroba susu segar setelah dilakukan pasteurisasi pada sampel tanpa penyimpanan (kontrol). Rerata jumlah total mikroba kontrol pada suhu *filling* 70°C sebanyak 2,45 log CFU/mL, pada suhu pengisian (*filling*) 60 °C sebanyak 2,91 log CFU/mL dan pada suhu pengisian (*filling*) 50°C sebanyak 3,72 log CFU/mL. Hal ini sesuai dengan pernyataan dari Sunarlim dan Widaningrum (2005) bahwa susu yang dipasteurisasi memiliki nilai TPC yang lebih rendah dari susu segar yang disebabkan karena adanya perbedaan ketahanan bakteri terhadap panas. Proses pasteurisasi merupakan proses pemanasan susu dengan suhu dan waktu tertentu. Pemanasan pada suhu pasteurisasi dimaksudkan untuk membunuh sebagian kuman patogenik dan pembusuk yang ada dalam susu. Menurut Sarinengsih (2009) pasteurisasi susu bertujuan untuk memperpanjang daya simpan susu karena proses tersebut dapat menginaktifkan fosfatase dan katalase yang merupakan enzim-enzim yang dapat mempercepat kerusakan pada susu. TPC yang masih terdapat pada susu pasteurisasi dapat disebabkan oleh ketahanan termotoleran dan spora terhadap suhu pasteurisasi, TPC bahan baku, proses pasteurisasi yang kurang higienis dan kontaminasi setelah pasteurisasi. Beberapa contoh bakteri yang tahan terhadap proses pasteurisasi adalah bakteri asam laktat seperti *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus lactis* dan *Lactobacillus thermophilus*. Jenis-jenis tertentu dari *Micrococcus* juga tahan dan kemungkinan dapat mengakibatkan kerusakan pada susu yang dipasteurisasi. Bakteri pembentuk spora seperti *Bacillus* dan *Clostridium* juga tahan terhadap pasteurisasi dan dapat menyebabkan kerusakan. Kerusakan pada susu pasteurisasi juga dapat disebabkan karena terjadinya kontaminasi pasca proses. Kontaminasi setelah pasteurisasi disebabkan oleh sanitasi kemasan, pada waktu pengisian dan pengepakan susu kurang higienis (Dogan dan Boor, 2003).

Hasil analisa ragam yang telah dilakukan menunjukkan bahwa interaksi antara perlakuan perbedaan suhu *filling* dan suhu penyimpanan yang berbeda berpengaruh nyata ($\alpha=0,05$) terhadap total mikroba dalam susu pasteurisasi. Data hasil uji TPC susu pasteurisasi dapat dilihat pada **Gambar 4.5**



Gambar 4.5 Rerata TPC Susu Pasteurisasi

Berdasarkan gambar 4.5 tersebut dapat disimpulkan bahwa rerata TPC terbesar terdapat pada sampel susu yang disimpan pada *refrigerator* dengan nilai berturut-turut 3,26 log CFU/mL, 4,07 log CFU/mL dan 4,10 log CFU/mL sedangkan sampel yang disimpan di *freezer* memiliki nilai rerata yang lebih rendah dengan nilai berturut-turut adalah 2,62 log CFU/mL, 2,97 log CFU/mL dan 3,77 log CFU/mL. Hal ini terjadi disebabkan karena suhu rendah dapat menghambat metabolisme dari mikroorganisme sehingga aktivitasnya untuk merusak susu dapat terhambat. Suhu pendinginan dapat mengawetkan bahan pangan karena dapat menghambat kecepatan metabolisme. Pada umumnya, setiap penurunan suhu 10°C kecepatan reaksi akan berkurang menjadi setengahnya dan akan menghambat pertumbuhan mikroorganisme penyebab kebusukan dan kerusakan (Parker, 2003). Jumlah mikroorganisme dalam penyimpanan *freezer* lebih rendah dari *refrigerator* disebabkan karena meskipun keduanya masuk dalam rentang suhu dingin namun suhu *freezer* lebih rendah dari *refrigerator* sehingga kemampuan menghambat metabolisme mikroba lebih

baik. Hal ini sesuai dengan literatur yang menyebutkan bahwa suhu rendah dapat digunakan untuk menghambat atau menurunkan pertumbuhan dan aktivitas mikroorganisme dalam makanan (Jay, 2000). Pada suhu lebih dari -18°C kegiatan bakteri ditekan sampai minimum dan bakteri yang tersisa tidak aktif (Yunizal dan Wibowo, 1998). Mikroba yang disimpan pada *refrigerator* maupun *freezer* memiliki jumlah yang lebih banyak jika dibandingkan dengan sampel kontrol. Hal ini disebabkan semakin lama waktu penyimpanan, pertumbuhan mikroorganisme juga akan semakin meningkat namun pada penyimpanan *refrigerator* dan *freezer* pertumbuhannya masih dapat diminimalisir. Hasil uji DMRT terhadap perlakuan suhu pengisian (*filling*) dan suhu penyimpanan yang berbeda dapat dilihat pada **Tabel 4.14**

Tabel 4.12 Rerata DMRT TPC

Perlakuan	Rerata (log CFU/mL)	DMRT (5%)
Tanpa Penyimpanan 70°C	$2,45 \pm 0,07^{\text{d}}$	0,36-0,41
Tanpa Penyimpanan 60°C	$2,91 \pm 0,33^{\text{cd}}$	
Tanpa Penyimpanan 50°C	$3,72 \pm 0,51^{\text{ab}}$	
<i>Refrigerator</i> 70°C	$3,26 \pm 0,08^{\text{bc}}$	
<i>Refrigerator</i> 60°C	$4,07 \pm 0,04^{\text{a}}$	
<i>Refrigerator</i> 50°C	$4,10 \pm 0,03^{\text{a}}$	
<i>Freezer</i> 70°C	$2,62 \pm 0,13^{\text{d}}$	
<i>Freezer</i> 60°C	$2,97 \pm 0,51^{\text{cd}}$	
<i>Freezer</i> 50°C	$3,77 \pm 0,05^{\text{ab}}$	

Berdasarkan Tabel 4.14 dapat dilihat bahwa perbedaan suhu pengisian (*filling*) dan suhu penyimpanan pada susu pasteurisasi memberikan interaksi satu sama lain terhadap total mikroba. Pada perbedaan suhu pengisian (*filling*) suhu 50°C memiliki nilai TPC terbesar yaitu sebesar 3,72 log CFU/mL untuk sampel kontrol; 4,10 log CFU/mL untuk sampel yang disimpan di *refrigerator* dan 3,77 log CFU/mL untuk sampel *freezer*. Hal ini diduga terjadi karena dari proses pasteurisasi selesai hingga proses pengisian (*filling*) suhu 50°C memiliki waktu tunggu yang lebih lama sehingga dimungkinkan terjadinya kontaminasi pada susu selama proses penurunan suhu pengisian (*filling*). Kontaminasi dapat berasal dari lingkungan maupun peralatan-peralatan yang digunakan selama proses produksi. Untuk suhu 70°C memiliki nilai TPC 2,45 log CFU/mL untuk sampel kontrol; 3,26 log CFU/mL untuk sampel yang disimpan di *refrigerator* dan 2,62 log CFU/mL untuk sampel *freezer*. Jumlah tersebut merupakan nilai TPC terendah dari sampel susu pasteurisasi. Hal ini diduga karena pengisian (*filling*)

70°C memiliki waktu tunggu terpendek dibandingkan waktu tunggu suhu pengisian (*filling*) 60°C dan 50°C sehingga kemungkinan adanya kontaminasi pasca pasteurisasi lebih sedikit yang akan berpengaruh pada nilai TPC susu pasteurisasi.

Berdasarkan rerata dapat dilihat bahwa secara umum pada penyimpanan *freezer* memiliki nilai TPC lebih rendah dibandingkan dengan penyimpanan *refrigerator*. Hal ini disebabkan karena pada suhu lebih dari -18°C kegiatan bakteri ditekan sampai minimum dan bakteri yang tersisa tidak aktif (Yunizal dan Widodo, 1998) sedangkan nilai TPC sampel yang disimpan di *refrigerator* maupun *freezer* lebih tinggi dibandingkan perlakuan sampel tanpa penyimpanan (kontrol). Hal ini disebabkan karena perlakuan kontrol merupakan susu pasteurisasi yang tidak dilakukan penyimpanan pada suhu rendah melainkan langsung dianalisa pada hari yang sama ketika dilakukan proses produksi. Hal ini sejalan dengan pernyataan dari Suhendar (1993) bahwa seiring bertambahnya waktu penyimpanan maka akan menyebabkan pertumbuhan dan aktivitas mikroorganisme dalam susu seperti bakteri pembusuk asam laktat seperti *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus lactis*, dan *Lactobacillus thermophilus*. Menurut SNI (1995) total mikroba maksimal pada susu pasteurisasi adalah sebanyak 4,48 log CFU/mL dan hasil analisa susu pasteurisasi menunjukkan bahwa pada penyimpanan di *refrigerator* maupun *freezer* pada hari ke-5 menunjukkan total mikroba maksimal 4,10 log CFU/mL. Hal ini menunjukkan bahwa kualitas susu pasteurisasi pada hari ke-5 masih memenuhi syarat SNI dan masih layak untuk dikonsumsi.

4.6 Penentuan Perlakuan Terbaik

Penentuan perlakuan terbaik susu pasteurisasi dilakukan dengan menggunakan metode *multiple attribute* (Zeleny, 1982). Perlakuan terbaik ditentukan dengan prosedur pembobotan sesuai nilai ideal dari masing-masing parameter yang diuji. Pengujian perlakuan terbaik dilakukan terhadap parameter pH, viskositas, kadar protein terlarut, kadar lemak serta total mikroba. Perlakuan dengan total nilai L_1 , L_2 dan L_{max} terkecil merupakan perlakuan terbaik dari hasil analisa.

Berdasarkan analisa perlakuan terbaik pada perlakuan kontrol (**Lampiran 9**) diperoleh hasil bahwa suhu pengisian (*filling*) 70°C merupakan perlakuan terbaik dengan nilai total 0,016714. Data hasil analisa dapat dilihat pada **Tabel 4.15**

Tabel 4. 13 Perlakuan Terbaik Kontrol

Hasil	T1S1	T2S1	T3S1
L1	0,008333	0,036060	0,072168
L2	0,000047	0,001019	0,004677
Lmax	0,008333	0,036060	0,072168
Total	0,016714	0,073138	0,149014

Sedangkan untuk perlakuan susu pasteurisasi (**Lampiran 9**) diperoleh hasil bahwa kombinasi perlakuan suhu pengisian (*filling*) 70°C dan pada penyimpanan *freezer* merupakan perlakuan terbaik dengan nilai total 0,117635. Data hasil analisa dapat dilihat pada **Tabel 4.16**

Tabel 4. 14 Perlakuan Terbaik Susu Pasteurisasi

Hasil	T1S2	T1S3	T2S2	T2S3	T3S2	T3S3
L1	0,122886	0,058214	0,107615	0,08192	0,129682	0,099363
L2	0,004794	0,001208	0,003915	0,002287	0,006431	0,005252
Lmax	0,122886	0,058214	0,107615	0,08192	0,129682	0,099363
Total	0,250565	0,117635	0,219144	0,166127	0,265794	0,203978

Berdasarkan Tabel 4.16 suhu pengisian (*filling*) 70°C merupakan perlakuan terbaik diantara perlakuan yang lain karena pada suhu tersebut, pertumbuhan mikroorganisme pada susu pasteurisasi dapat diminimalisir pertumbuhannya. Hal ini dapat terjadi karena dimungkinkan pada suhu 70°C memiliki waktu tunggu *filling* yang paling singkat sehingga kemungkinan adanya kontaminasi pada susu pasteurisasi lebih sedikit sebelum dilakukan pengemasan. Selain itu penyimpanan *freezer* juga merupakan perlakuan terbaik diantara penyimpanan suhu *refrigerator* dan perlakuan kontrol. Hal ini disebabkan karena suhu rendah dapat digunakan untuk menghambat atau menurunkan pertumbuhan dan aktivitas mikroorganisme dalam makanan (Jay, 2000). Suhu rendah juga menghambat beberapa kinerja aktivitas enzimatis yang ada pada bahan pangan sehingga keungkinan kerusakan pada bahan pangan dapat diminimalisi dengan penyimpanan di *freezer*. Selain itu, sebagian besar konsumen BBPP cenderung menyukai produk susu pasteurisasi dalam keadaan beku (*freezer*). Hal ini disebabkan karena pada umumnya masyarakat awam menganggap bahwa

produk beku dapat menjaga kandungan nutrisi dan memiliki masa simpan yang lebih lama.



V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa interaksi antara suhu pengisian (*filling*) dan suhu penyimpanan yang berbeda hanya berpengaruh nyata terhadap total mikroba susu pasteurisasi sedangkan suhu penyimpanan berpengaruh nyata terhadap protein terlarut. Selain itu, suhu penyimpanan juga berpengaruh nyata terhadap pH, viskositas dan lemak susu pasteurisasi pada analisa data non-parametrik menggunakan uji Kruskal Wallis dan uji lanjut Mann.

Susu pasteurisasi yang dilakukan pengisian (*filling*) pada suhu 70°C dan dilakukan penyimpanan pada *freezer* merupakan sampel perlakuan terbaik dengan nilai pH 6,52, viskositas 4 cP, protein terlarut 0,86%, lemak 3,5% dan total mikroba 2,62 log CFU/mL. Selain itu, perlakuan terbaik pada *freezer* juga disebabkan karena penerimaan konsumen, dimana sebagian besar konsumen di BBPP cenderung lebih menyukai produk susu pasteurisasi beku.

5.2 Saran

1. Melengkapi analisa beberapa parameter penting yang dapat dijadikan acuan kualitas susu pasteurisasi seperti uji protein total, Uji SNF, uji kandungan vitamin dan mineral, uji *coliform* dan uji reduktase.
2. Dilakukan Uji PSD (*Particle Size Distribution*) untuk mengukur perubahan pada susu secara akurat.
3. Sebaiknya dalam pengukuran viskositas menggunakan lebih dari satu rpm (*rate per minutes*)
4. Sebaiknya dilakukan pengukuran/pengontrolan suhu ketika susu keluar dari *homogenizer*
5. Dilakukan pengujian perbandingan secara statistik antara metode pengisian panas (*hot filling*) dan pengisian dingin (*cold filling*) untuk mengetahui metode terbaik yang dapat diterapkan di Balai Besar Pelatihan Peternakan Batu, Malang.

DAFTAR PUSTAKA

- [AOAC] Association of Official Analytical Chemist. 1995. *Official Methods of Analisis Chemist*. Vol. 1A. AOAC, Inc., Washington
- [AOAC] Association of Official Analytical Chemistry. 1984. *Official Methods of Analysis Chemist*. Washington, D.C.
- Abubakar, Triyantini, R., Sunarlim, H., Setiyanto dan Nurjannah. 2001. *Effect of temperature and time of pasteurization on the milk quality during storage*. Jurnal Ilmu Ternak dan Veteriner 6(1):45-50
- Adam, M.R. and Moss, M.O. 2008. *Food Microbiology Third Edition*. England: The Royal Society of Chemistry
- Almatsier, S. 2002. *Prinsip Dasar Ilmu Gizi*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama
- Anonim. 2008. *Inovasi Kemasan untuk Ready to Drink*. Dilihat 6 Oktober 2016. <<http://www.foodreview.co.id>>
- Array. 2008. *Komposisi Kimia dalam Susu*. Diakses 17 April 2017. <<http://arrayst.wordpress.com/tentang-dunia-susu>>.
- Badan Standardisasi Nasional. 1995. *Susu Pasteurisasi*. Jakarta: SNI 01-3951-1995
- Badan Standardisasi Nasional. 2011. *Susu Segar*. SNI 01-3141.1-2011. Jakarta.
- Belinda, A.S. 2015. *Uji Sifat Fisiko Kimia dan Organoleptik Minuman Sari Biji Kecipir (Psophocarpus tetragonolobus (L.) DC.) dengan Inkubasi*. Skripsi. Malang: Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya
- Bray, D.R. 2008. *Milk Quality Is More than Somatic Cell Count and Standard*
- Budiyono, H. 2009. *Analisis Daya Simpan Produk Susu Pasteurisasi Berdasarkan Kualitas Bahan Baku Mutu Susu*. Jurnal Paradigma 10(2): 199
- Chattopadhyay, M.K. dan Jagannadham, M.V. 2001. *Maintenance of membrane fluidity in Antarctic bacteria*. Polar Biol. 24: 386–388.
- Chhabra, R.P. dan Richardson, J.F. 1999. *Non-Newtonian Flow in the Process Industries: Fundamentals and Engineering Applications*. Butterworth-Heinemann.
- Claeys, W.L., Cardoen, S., Daube, G., De Block, J., Dewettinck, K., Dierick, K., De Zutter, L., Huyghebaert, A., Imberechts, H., Thiange, P., Vandenplas, Y. & Herman, L. 2012. *Raw Or Heated Cow Milk Consumption: Review Of Risks And Benefits*. Food Control 31: 251-262
- Codex Alimentarius Commission. 2004. *CAC/RCP 57-2004 : Code Of Hygienic Practice for Milk and Milk Products*. Rome: FAO and WHO
- Department Kesehatan. 2005. *Daftar Komposisi Bahan*. Jakarta: Depkes RI
- Dewi, E.T. 2008. *Pengaruh Suhu dan lama Pemanasan terhadap Karakteristik dan Stabilitas Sari Jeruk Nipis Selama Penyimpanan*. Skripsi. Malang: FTP UB
- Djaafar, T.F. dan Siti, R. 2007. *Jurnal Litbang Pertanian: Cemaran Mikroba Pada Produk Pertanian, Penyakit yang ditimbulkan dan Pencegahannya*. Yogyakarta: Balai Pengkajian Teknologi Pertanian
- Dogan, B. dan Boor, K.J. 2003. *Genetic Diversity and Spoilage Potentials among Pseudomonas spp. Isolated from Fluid Milk Product and Dairy Processing Plants*. Applied and Environmental Microbiology. Vol 69(1): 130-138

- Elrahman, S.M.A., Ahmed, A.M.E.M.S., Elzubair, I.E.M., Owni, O.A.O.E., Ahmed, M.K.A. 2013. *Effect of Storage Temperature on The Microbiological and Physicochemical Properties of Pasteurized Milk*. Sudan
- Estiasih, T. dan Ahmadi, KGS. 2009. *Teknologi Pengolahan Pangan*. Jakarta: Bumi Aksara
- Fellows, P. 2002. *Food Processing Technology: Principle and Practice*. . England: Woodhead Publishing Limited and CRC Press LLC
- G.O., A. 2004. *Understanding Food Microbiology*. Nigeria: alleluia ventures Ltd.
- Ginting, N dan Pasaribu, E. 2005. *Pengaruh Temperatur Gula dan Lama Penyimpanan terhadap Kualitas Fisik Susu Pasteurisasi*. Jurnal Ilmu dan Teknologi Hasil Ternak. Hal 28-33. Vol 6, No 1
- Griffiths, M.W., 2000. *Milk and Unfermented Milk Product*. Dalam The Microbiological Safety and Quality of Food. Oleh Lund, B.M, Baird Parker, T.J. dan Gould, G.W (eds). Gaithersburg, Maryland: Aspen Publisher, Inc
- Hadiwiyoto, S. 2003. *Teori dan Prosedur Pengujian Mutu Susu dan Hasil Olahannya*. Yogyakarta: Liberty
- Hadiwiyoto, S., 1994. *Teori dan Pengujian Mutu Susu dan Olahannya*. Edisi kedua. Yogyakarta: Liberty
- Hariadi. M.S. 2005. *Budidaya Tanaman Jarak Sebagai Bahan Alternatif dalam Forum Diskusi Tema prespektif Sumber Daya Lokal Bioenergi Bidang Siteknas*
- Hariyadi, P., Kusnandar, F. dan Wulandari. 2009. *Teknologi Proses Produksi Orange Juice secara Pasteurisasi Sinambung*. Diakses 5 April 2017. <<http://www.unhas.ac.id/gdln/dirpan/pengalengan/topik3.pdf>>
- Hastorini. 2011. Diktat. *Nutrisi dan Mikrobiologi Susu*. Fakultas Peternakan. Yogyakarta: Universitas Gajah Mada
- Heppel, N.J. 2000. *Continous Flow Heat Processing*. <<http://www.knovel.com/web.portal/browse/display>>
- Heryansyah.2011. *Pemeriksaan Susu*. Diakses 3 Maret 2017. <<http://veterinary61.com/2017/03/pemeriksaan-susu.html>>
- Jay, M.J. 2000. *Modern Food Microbiology 5th ed*. New York: Chapman and Hall
- Kalkwarf dan Heidi, J. 2003. *Milk Intake During Childhood and Adolescence, Adult Bone Density; and Osteoporotic Fracture in US Woman*. Diakses 20 Maret Pukul 22.02
- Khomsan, A. 2002. *Susut Gizi sebagai Akibat Proses Pemasakan*. <<http://www.kompas.com/kesehatan/news/0204/23/015943.html>>
- Khomsan, A. 2004. *Pangan dan Gizi untuk Kualitas Hidup*. Jakarta: PT. Gramedia Widiasarana
- Kinayungan, N. A. 2016. *Analisis Kepuasan Konsumen Terhadap Kualitas Produk Susu Menggunakan Metode Importance Performance Analysis (IPA) dan Customer Satisfaction Index (CSI) (Studi Kasus Di Perusahaan Susu "Anugerah" Kediri)*. Skripsi. Malang: Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya
- Kirk, J.H. 2005. *Milk Quality on The Dairy Who is Responsible*. Tulare: University of California Davis
- Kusumawardhani, R. 2010. *Optimasi Proses Pasteurisasi Kontinyu Sari Buah Belimbing*. Tesis. Malang: Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya
- Legowo, A.M., Kusrahaya dan Mulyani, S. 2009. *Teknologi Makanan*. Diakses pada 6 April 2017 pukul 22.06. <<http://gizi.depkes.go.id/>>
- Los, D.A. dan Murata, N. 2004. *Membrane Fluidity and Its Roles in the Perception of Enviromental Signals*. Biochim. Biophys. Acta 1666, 142-157



- Lukman, D.W. dan Sudarwanto. 2009. *Pemerahan dan Penanganan*. Bogor: Fakultas Kedokteran Hewan Institut Pertanian Bogor
- Lund BR, Baird-Parker TC, Gould GW. 2000. *The Microbiology Safety and Quality of Food*. Gaithersburg, Maryland: Aspen Publishers, Inc.
- Manik, E. 2006. *Olahan Susu*. Jakarta: Pusat Unit Pangan dan Gizi IPB
- Mas'ud, F. 2012. *Ilmu Pengetahuan Bahan Pangan*. Sulawesi Selatan: Program D4 Teknologi Kimia Politeknik Negeri Ujung Pandang
- Michal, I.U. 2010. *Pengaruh Konsentrasi Starter Bakteri Lactobacillus Bulgaricus dan Streptococcus Thermophilus Terhadap Kualitas Yoghurt Susu Kambing*. Skripsi. Malang: Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim
- Mirza, R. 2016. *Pengaruh Lama Penyimpanan Terhadap Daya Simpan Susu Pasteurisasi di Balai Besar Pelatihan Peternakan (BBPP) Batu*. Malang: Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya
- Muchtadi, T.R. dan Sugiono. 2010. *Ilmu Pengetahuan Bahan Pangan*. Bogor: Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi. Institut Pertanian Bogor
- Murdiati, T.B., Priadi, A., Rachmawati, S., dan Yuningsih. 2004. *Pasteurized Milk and Implementation of HACCP*. JITV. Vol 9(3): 172-180
- Murniah. 2005. *Pengaruh Lama Penyimpanan Pada Suhu Rendah Terhadap Derajat Keasaman dan Angka Reduktase Susu Sapi Pasteurisasi*. Skripsi. Banjarmasin: Fakultas Pertanian Universitas Islam Kalimantan
- Mustajib, M.I. 2010. *Susu Pasteurisasi dan Mikrobiologi Susu*. Jurnal Teknik Industri. Vol 12(2): 109-118
- Nugraheni, M. 2013. *Pengetahuan Bahan Pangan Hewani*. Yogyakarta: Graha Ilmu
- Ophart, C.E. 2013. *Virtual Chembook*. Illinois. Elmhurst Collage Press
- Plate Count, It's Now Shelf-Life. USA: Department of Animal Sciences-University of Florida
- Parker, R. 2003. *Introduction to Food Science*. United States of Amerika: Delmar a Division of Thomson Learning, Inc.
- Punc, I.D. and Olson, J.C. 1984. *Comparison between standard methods procedure and surface plate method for estimating psychrophilic bacteria in milk*. J. Milk Food Tech. 37(2):101-103
- Purwoko, T. dan Noor, S.H. 2006. *Kandungan Protein Total dan Terlarut Kecap Manis Tanpa Fermentasi Moromi Hasil Fermentasi R. oryzae dan R. Oligosporus*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret
- Rao, R.R. dan Fasad, K.R. 2003. *Effects of Velocity- Slip and Viscosity variation on Journal Bearings*. Vol 46. Hal 143-152. India
- Rombaut, R. 2005. *Dairy Microbiology and Starter Culture*. Laboratory of Food Technology and Engineering. Belgium: Gent University
- Saleh. 2004. *Teknologi Pengolahan Susudan Hasil Ikutan Ternak*. Surakarta: USU Press
- Salles, C.N., Sommerer, C., Septier, S., Issanchou, A., Chabanet, Garem, and Le Quere, J.L. 2002. *Goat Cheese Flavor: Sensory Evaluation of Branched Chain Fatty Acids and Small Peptides*. Journal of Food Science. 67 (2): 835-841
- Sarinengsih M. 2009. *Pengaruh penambahan Asam Dokosaheksaenoat (DHA) terhadap ketahanan susu pasteurisasi rasa coklat [skripsi]*. Bandung (ID): FMIPA UPI
- Schroeder. 2012. *Cleavage of Structural Protein During The Assembly of Head of Bacteriophage T-4*. Nature. 227: 680-685



- Shearer, J. K., Bachman, K. C. and Boosinger, J. 1992. *The Production of Quality Milk this Document is ds61, One of a Series of The Animal Sciencedepartment*. USA: .Florida cooperative extension service. Institute of Food and Agricultural Sciences. University of Florida
- Siswono. 2005. *Susu Bukan Pemicu Kegemukan*. : Diakses pada tanggal 20 Maret 2017 pukul 21.27/ <<http://www.gizi.net>>
- Soejono, R.R. 1999. *Pedoman Mata Ajaran Mikrobiologi Pangan Asal Hewan (KMV 503)*. Bogor: Fakultas Kedokteran Hewan IPB
- Soeharsono. 1996. *Fisiologi Laktasi*. Bandung: Universitas Padjajaran
- Soeparno, R., Indratiningsih, S, T. 2001. *Dasar Teknologi Hasil Ternak*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada
- Suardana, I. W. dan Swacita, I.B.N. 2009. *Higiene Makanan*. Denpasar: Udayana University
- Sudarmadji, S., Haryono, B. dan Suhardi. 1997. *Prosedur Analisis untuk Bahan Pangan dan Pertanian*. Yogyakarta: Liberty
- Sudarwanto, M. 2005. *Bahan Kuliah Hygiene Makanan*. Bagian Penyakit Hewan dan Kesehatan Masyarakat. Bogor: Veteriner FKH IPB
- Sugitha dan Djalil. 2010. Susu . //http://www.scribd.com/doc/60125528/susu. Diakses 17 April 2017 pukul 19.23
- Sugiyono. 2010. *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif & RND*. Bandung: Alfabeta
- Suhendar. Y., Dadang, W.I., Mardi, T., Riyanto, S., Palupi, I.R. dan Sucahyo, O. 1993. *Pasca Panen Lalai Kualitas Susu Terbengkalai*. <<http://www.agrina-online.com>>
- Sukarini. 2006. *Produksi dan Kualitas Air Susu Kambing Peranakan Ettawa yang diberi Tambahan Urea Molases Blok dan atau Dedak Padi pada Awal Laktasi*. *Animal Production*. Vol.8 No.3 Hal: 196-205
- Sunarlim, R. dan Widaningrum. 2005. *Cara Pemanasan, Suhu dan Lama Penyimpanan terhadap Masa Simpan Susu Kambing*. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian. 673-677
- Sutiah, K., Firdaus, S. dan Budi, W.S. 2008. *Studi Kualitas Minyak Goreng dengan Parameter Kekentalan dan Indeks Bias*. *Berkala Fisika*. 11 (2) : 53-58. ISSN : 1410 – 9662
- Suwito, W. 2010. *Bakteri yang Sering Mencemari Susu: Deteksi, Patogenesis, Epidemiologi, Dan Cara Pengendaliannya*. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian*, 29 (3), 2010. Yogyakarta: Balai Pengkajian Teknologi Pertanian
- Syahriana, S. 2015. *Pasteurisasi High Temperature Short Time (HTST) Susu Terhadap Listeria monocytogenes Pada Penyimpanan Refrigerator*. Skripsi. Makassar: Fakultas Peternakan Universitas Hasanuddin
- Tamime. 2009. *Milk Proccessing and Quality Management*. United Kingdom: Wiley Blackwell
- Tetrian, D., Darlina, Armanu dan Mukh, S. 2008. *Pengaruh Radiasi Gamma Terhadap Profil Protein Plasmodium berghei Stadium Eritrositik*. Prosiding Seminar Keselamatan, Kesehatan dan Lingkungan IV dan Internatinal Seminar on Occupational Health Safety I. Pusat Teknologi Keselamatan dan Radiasi (PTKMR). Depok: Badan Tenaga Nuklir Nasional. Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Indonesia
- Wahyudi, A. dan Samsundari, S. 2008. *Bugar dengan Susu Fermentasi*. Malang: UMM-Press
- Wallace, R.L.S. 2008. *Bacteria Count in Raw Milk. Paper: Quality Milk*. Issue. USA: University of Illinois Extension

Walstra, P., Geurts, T.J., Noomen, A and Van Boekel, M.A.J.S. 1999. *The Dairy Technology, Principle of Milk Properties and Processes*. New York: Marcel Dekker

Warkoyo dan Hudayatmoko, P. 2007. *Uji Fungsional Karaginan Pada Susu Pasteurisasi: Kajian Jenis dan Konsentrasi Karaginan*. Jurnal Protein. Vol 15, No.2, Hal: 120-129

Warsito, H., Rindiani dan Nurdyansyah, F. 2015. *Ilmu Bahan Makanan Dasar*. Yogyakarta: Nuha Medika

Widjanarko, S.B. 2000. *Dasar dasar Thermobacteriology dalam Proses Pengolahan Makanan*. Proyek Due-Like. Malang: Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Universitas Brawijaya

Winarno, F.G. dan Ivone, E.F. 2007. *Susu dan Produk Fermentasinya*. Bogor: M-Brio Press

Winarno, F.G. dan Jenie, B.S.L. 1992. *Kerusakan Bahan Pangan dan Cara Pencegahannya*. Jakarta: Ghalia Indonesia

Winarno, F.G. 1993. *Pangan Gizi, Teknologi dan Konsumen*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama

Yunizal dan Wibowo, S. 1998. *Penanganan Ikan Segar*. Jakarta: Instalasi Perikanan Laut Slipi

Zeleny, M. 1982. *Multiple Criteria Decision Making*. New York: McGraw-Hill



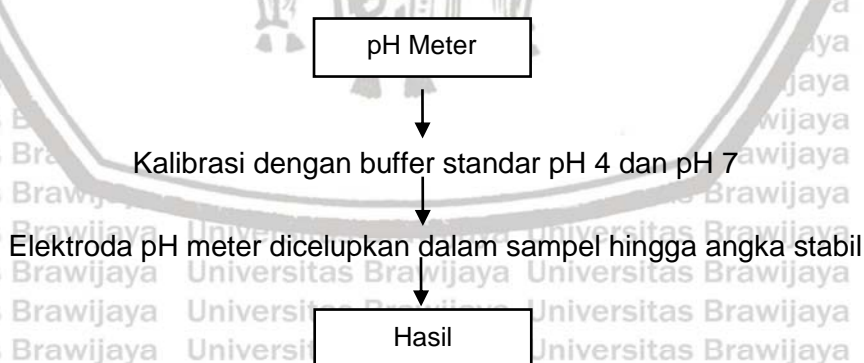
LAMPIRAN

Lampiran 1 Prosedur Penelitian

1. Uji pH

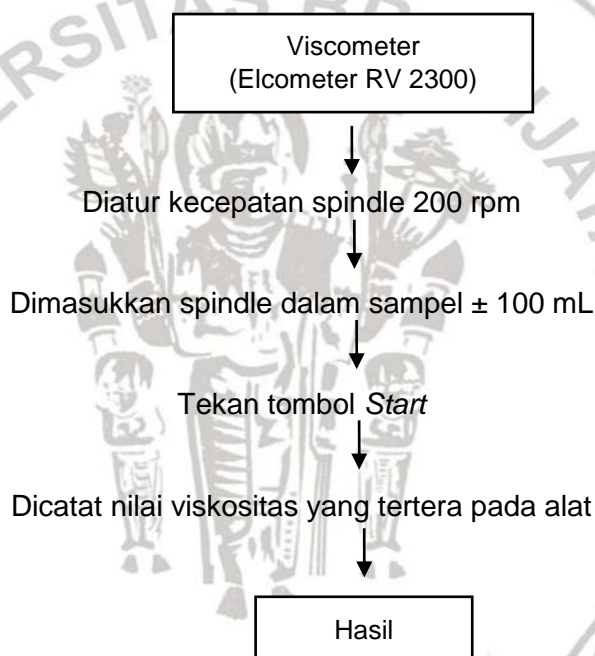
Uji pH dilakukan untuk menentukan keasaman susu dengan cara menghitung log konsentrasi ion hidrogen (asam) dalam susu. Tingkat keasaman susu dapat menurun karena fermentasi laktosa menjadi asam laktat oleh mikroba (Suardana dan Swacita, 2009). Menurut (AOAC, 1984) pengukuran nilai pH dapat digunakan menggunakan pH meter dengan prosedur sebagai berikut:

- pH meter di kalibrasi terlebih dahulu dengan menggunakan buffer standar pH 4 dan pH 7.
- Kemudian setelah dikalibrasi, elektroda dicelupkan hingga tercelup keseluruhan kedalam sampel dan dibiarkan hingga beberapa saat sampai diperoleh angka yang stabil.
- Jika akan melakukan pengukuran pada sampel lain, maka elektroda dicuci terlebih dahulu menggunakan aquades kemudian dikeringkan menggunakan tisu. Pengukuran tingkat keasaman atau pH pada susu menggunakan pH meter dapat dilihat pada diagram alir berikut



2. Uji Viskositas (cP)

Viskositas merupakan pengukuran dari ketahanan fluida yang diubah baik dengan tekanan maupun tegangan. Viskositas atau kekentalan merupakan gaya gesekan antara molekul-molekul yang menyusun suatu fluida. Pada zat cair, viskositas disebabkan karena adanya gaya kohesi (gaya tarik menarik antara molekul sejenis) sedangkan dalam zat gas, viskositas disebabkan oleh tumbukan antara molekul. Viskometer adalah alat yang dipergunakan untuk mengukur viskositas atau kekentalan suatu larutan. Model viskometer yang umum digunakan berupa viskometer bola jatuh, tabung (pipa kapiler) dan sistem rotasi. Pengukuran tingkat kekentalan atau viskositas dapat dilihat pada diagram air berikut



Pengukuran viskositas menurut Bourne (1982) dalam Belinda (2015) adalah sebagai berikut:

- Viskositas diukur menggunakan viscometer merk Rion VT-04
- Rotor no.3 dipasang pada lubang rotor hingga tergantung bebas
- Sampel diletakkan dalam beaker glass 250 mL
- Rotor dicelupkan kedalam sampel sampai tanda tera pada bagian atas rotor
- Viscometer dihidupkan, dibaca skala no.3 yang ditunjukkan oleh jarum

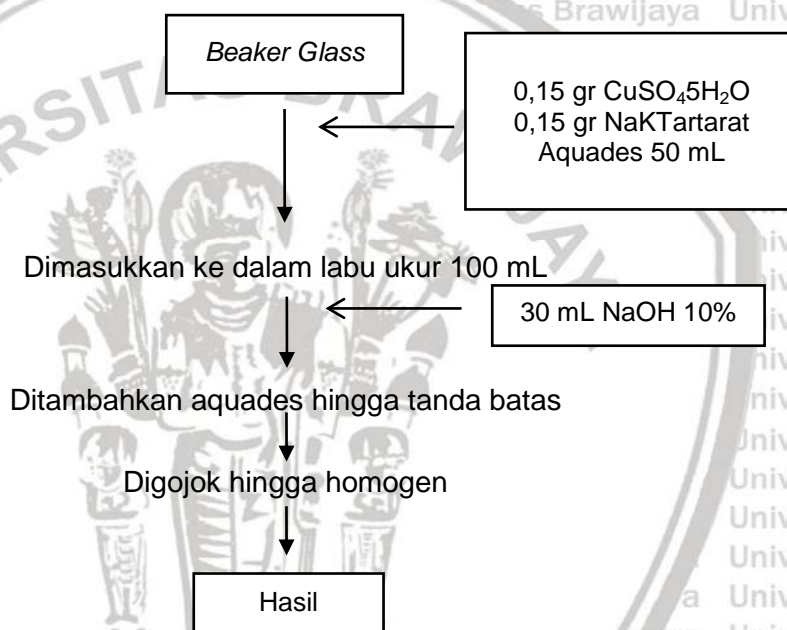
- Rotor yang digunakan harus sesuai dengan kekentalan sampel. Untuk viskositas 0,3-13 dpa.S (poise) menggunakan rotor no.3 dengan skala bawah no.3 (bawah), viskositas 3-150 dpa.S (poise) rotor no.1 dengan skala nomor 1 (tengah) dan viskositas 100-400 dpa.S (poise) menggunakan rotor no.2 dengan skala yang ditunjukkan no.2 (atas)



3. Uji Protein Terlarut (%)

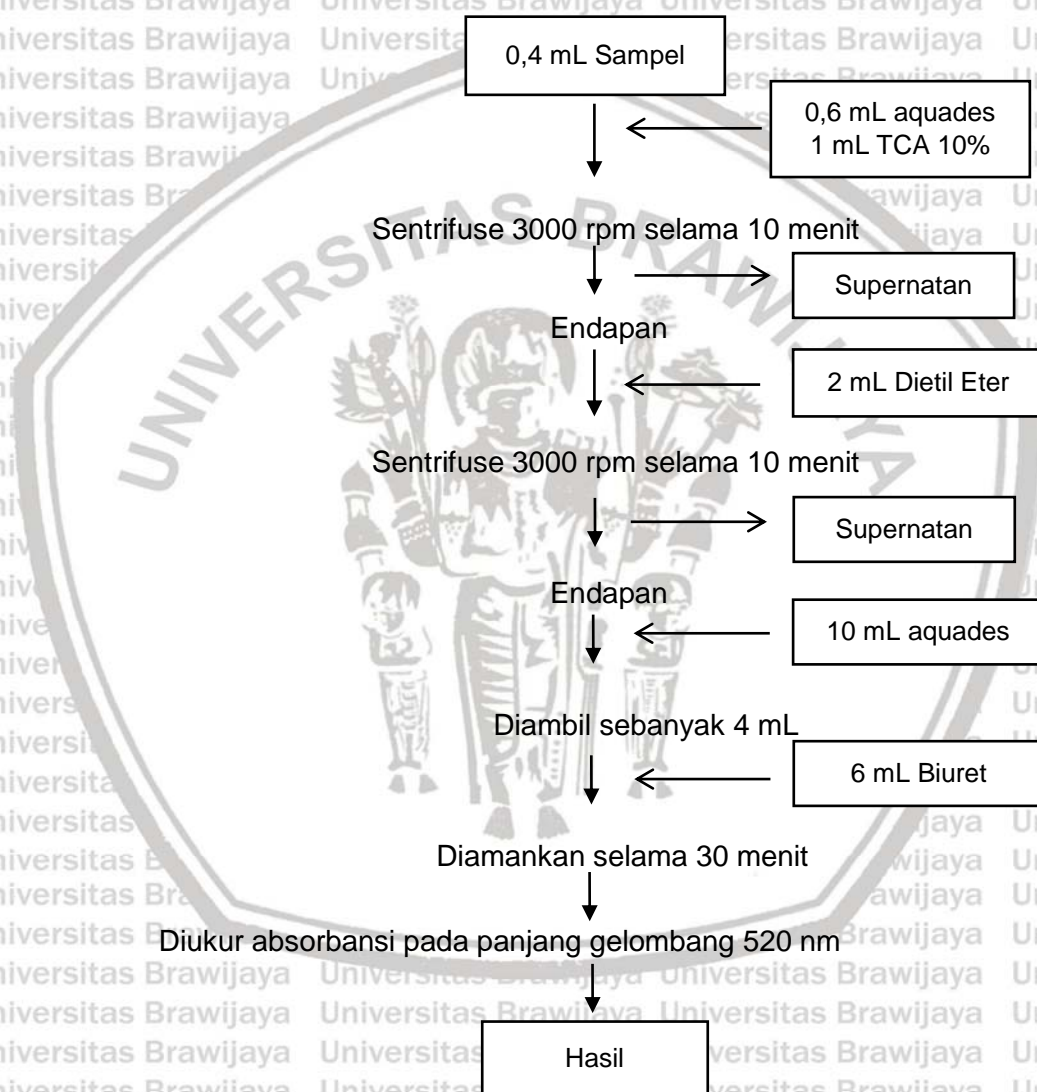
Penentuan kadar protein terlarut dengan cara biuret dilakukan berdasarkan atas pengukuran serapan cahaya oleh ikatan kompleks biru-ungu. Penentuan protein metode biuret dilakukan dengan membuat reagen biuret terlebih dahulu.

Reagen biuret dibuat dengan melarutkan 0,15 gram $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ + 0,15 gram NaKTartarat dalam *beaker glass* berisi 50 mL aquades. Kemudian dimasukkan kedalam labu ukur 100 mL dan ditambahkan 30 mL NaOH 10% serta aquades hingga tanda batas dan digojok hingga homogen (AOAC, 1995). Pembuatan reagen biuret dapat dilihat pada diagram alir berikut ini



Analisa awal pada metode biuret diawali dengan pembuatan kurva standar dengan memasukkan masing-masing 0 (blanko), 0,1, 0,2, 0,4, 0,6, 0,8 dan 1 mL larutan protein standar BSA (*Bovine Serum Albumin*) dengan konsentrasi 5 mg/mL. Kemudian kedalam masing-masing tabung dimasukkan aquades hingga volume total 4 mL dan 6 mL pereaksi biuret lalu dikocok hingga homogen dan diamkan selama 30 menit. Larutan kemudian diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang maksimum 520 nm dan dibuat kurva sehingga didapatkan persamaan linier. Sampel cair dimasukkan kedalam tabung sentrifuse sebanyak 0,4 mL lalu ditambahkan aquades sebanyak 0,6 mL dan TCA 10% sebanyak 1 mL. Kemudian sampel disentrifuse

dengan kecepatan 3000 rpm selama 10 menit dan dibuang supernatannya. Pada endapan ditambahkan dietil eter sebanyak 2 mL dan disentrifuse kembali dengan kecepatan 3000 rpm selama 10 menit. Setelah itu supernatan dibuang dan endapan dibiarkan mengering dan ditambahkan 10 mL aquades. Setelah tercampur, larutan diambil sebanyak 4 mL dan ditambahkan pereaksi biuret 6 mL dan diamkan selama 30 menit dan diukur absorbansinya pada panjang gelombang 520 nm (Sudarmadji *et al.*, 1997). Pengukuran protein terlarut susu dapat dilihat pada diagram alir berikut ini



Nilai absorbansi yang didapatkan digunakan untuk menentukan konsentrasi dengan memasukkan nilai absorbansi pada persamaan linier yang diperoleh. Konsentrasi yang didapatkan digunakan untuk menentukan % kadar

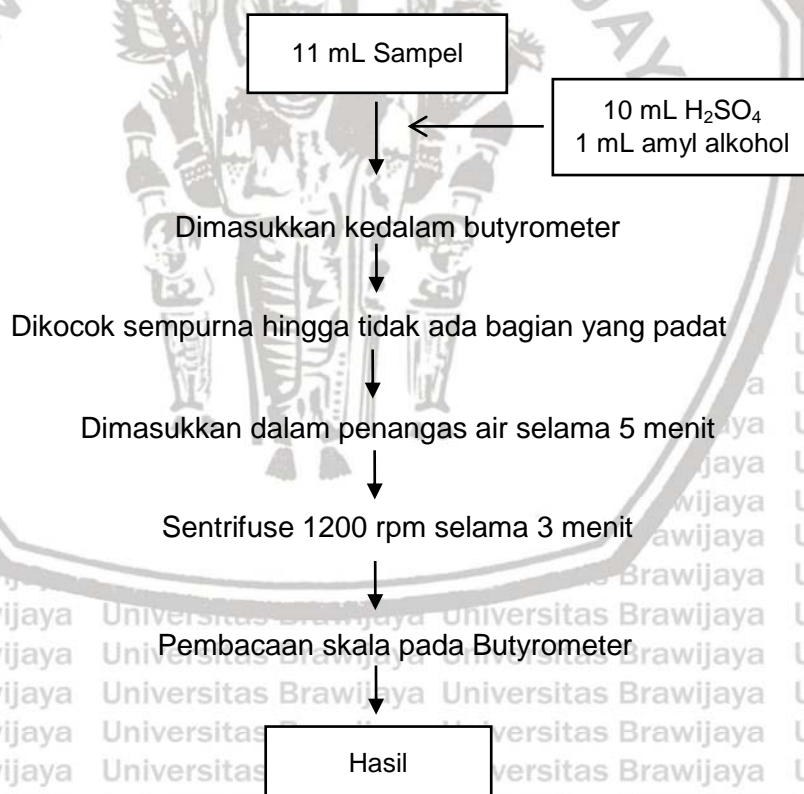
protein terlarut pada sampel. Rumus perhitungan protein terlarut adalah sebagai berikut:

$$\% \text{ Protein Terlarut} = \frac{\text{Konsentrasi Sampel} \times \text{Faktor Pengenceran Sampel} \times \text{Volume Akhir}}{\text{Berat Sampel} \times 1000} \times 100\%$$



4. Uji Lemak (%)

Lemak merupakan kelompok senyawa yang larut dalam pelarut organik seperti eter, kloroform, heksana namun lemak tidak larut dalam air. Lipid bersifat tidak larut dalam air sehingga untuk memisahkannya dari protein, air, karbohidrat dalam bahan pangan diperlukan metode-metode khusus. Metode gerber merupakan salah satu dari dua metode ekstraksi basah tanpa menggunakan pelarut. Prinsip dari metode gerber yaitu asam sulfat dan amil alkohol ditambahkan pada susu yang sudah diketahui jumlahnya dalam botol gerber. Asam sulfat akan menghancurkan protein, menghasilkan panas dan membebaskan lemak. Sentrifugasi dan penambahan air panas akan memisahkan lemak yang terakumulasi secara perlahan pada botol uji. Lemak diukur secara volumetri tetapi hasil dinyatakan sebagai persen lemak/berat. Analisa lemak (SNI, 1998) metode gerber dapat dilihat pada diagram alir berikut



5. Analisa Total Mikroba (Log CFU/mL)

Jumlah bakteri dalam susu dapat ditentukan dengan metoda *Standar Plate Count Test* (PCT). Prinsip dari metode ini adalah menumbuhkan sel mikroorganisme yang masih hidup pada media agar, sehingga mikroorganisme akan berkembang biak dan membentuk koloni yang dapat dilihat langsung dan dihitung tanpa menggunakan mikroskop. Dengan metode ini, kita dapat menghitung sel yang masih hidup, menentukan jenis mikroba yang tumbuh dalam media tersebut serta dapat mengisolasi dan mengidentifikasi jenis koloni mikroba tersebut. Teknik pengenceran merupakan hal yang harus dikuasai sebelum mikroorganisme ditumbuhkan dalam media. Tujuan dari pengenceran sampel yaitu mengurangi jumlah kandungan mikroba dalam sampel sehingga nantinya dapat diamati dan diketahui jumlah mikroorganisme secara spesifik sehingga didapatkan perhitungan yang tepat.

Media pertumbuhan untuk bakteri digunakan PCA dengan inkubasi pada suhu 37°C selama 48 jam. Perhitungan bakteri dengan menghitung koloni yang tumbuh dalam satuan cfu/ml. Jumlah bakteri diperkirakan dengan mengalikan jumlah koloni dengan pengencerannya (Soeparno *et al.*, 2001).

Menurut (AOAC, 1984) cara kerja untuk menghitung jumlah koloni mikroba adalah sebagai berikut:

- a. Sampel dimasukkan ke dalam tabung reaksi pengencer steril. Setiap pengenceran menggunakan dua cawan pemupukan (duplo).
- b. Media PCA steril cair yang sudah hangat dimasukkan ke dalam cawan sebanyak 10-15 ml lalu digoyangkan secara mendatar di atas meja untuk menyebarkan mikroba agar merata.
- c. Jika isi cawan sudah membeku diinkubasi dengan posisi cawan terbalik pada suhu 37°C selama 2 hari.
- d. Total bakteri ditetapkan dengan metode

Setelah dilakukan pengamatan, selanjutnya perhitungan dilakukan terhadap cawan petri dengan jumlah koloni bakteri antara 30-300. Perhitungan *Total Plate Count* dinyatakan sebagai jumlah koloni bakteri hasil perhitungan dikalikan faktor pengencer. Cara kerja untuk menghitung jumlah koloni dapat dilihat pada diagram berikut

Sampel

Tabung reaksi pengencer steril

Inokulasi sebanyak 1 mL dalam cawan (duplo)

Dimasukkan media PCA steril sebanyak 10-15 mL dalam cawan (duplo)

Inkubasi dengan posisi cawan terbalik suhu 37°C selama 2 hari

Hasil



Lampiran 2 Data Bahan Baku

Susu Segar	Ulangan			Jumlah	Rerata	STD
	I	II	III			
pH	6,49	6,43	6,48	19,4	6,47	0,03
Viskositas	4	5	4	13	4	0,02
Protein	0,64	0,75	0,71	2,10	0,70	0,06
Lemak	4,1	3,9	3,9	11,9	3,97	0,12
TPC	5,81	5,54	5,67	17,03	5,68	0,13



Lampiran 3 Data Analisis Kualitas Susu Pasteurisasi

1. pH

Perlakuan	Ulangan			Jumlah	Rerata	STD
	I	II	III			
T1S1	6,54	6,54	6,51	19,59	6,53	0,02
T1S2	6,49	6,51	6,51	19,51	6,50	0,01
T1S3	6,52	6,53	6,50	19,55	6,52	0,02
T2S1	6,56	6,52	6,52	19,60	6,53	0,02
T2S2	6,52	6,50	6,50	19,52	6,51	0,01
T2S3	6,52	6,52	6,53	19,57	6,52	0,01
T3S1	6,52	6,54	6,54	19,60	6,53	0,01
T3S2	6,49	6,53	6,49	19,51	6,50	0,02
T3S3	6,52	6,52	6,54	19,58	6,53	0,01

2. Viskositas

Perlakuan	Ulangan			Jumlah	Rerata	STD
	I	II	III			
T1S1	3	4	4	11,00	3,67	0,58
T1S2	4	5	5	14,00	4,67	0,58
T1S3	5	4	4	13,00	4,33	0,58
T2S1	3	4	4	11,00	3,67	0,58
T2S2	4	5	4	13,00	4,33	0,58
T2S3	4	5	4	13,00	4,33	0,58
T3S1	4	3	4	11,00	3,67	0,58
T3S2	4	4	5	13,00	4,33	0,58
T3S3	4	4	4	12,00	4,00	0,00

3. Protein Terlarut

Perlakuan	Ulangan (% Protein)			Jumlah	Rerata	STD
	I	II	III			
T1S1	0,88	0,88	0,84	2,60	0,87	0,02
T1S2	0,80	0,84	0,80	2,44	0,81	0,02
T1S3	0,85	0,84	0,88	2,57	0,86	0,03
T2S1	0,85	0,91	0,88	2,65	0,88	0,02
T2S2	0,82	0,82	0,86	2,50	0,83	0,06
T2S3	0,90	0,80	0,89	2,59	0,86	0,02
T3S1	0,89	0,90	0,92	2,71	0,90	0,02
T3S2	0,79	0,80	0,84	2,43	0,81	0,02
T3S3	0,86	0,85	0,89	2,60	0,87	0,02

Analisa Uji Lanjut BNT

Suhu Penyimpanan	Rerata	Urutan	Notasi	Nilai BNT 5%
S1	0,88	0,88	a	0,03
S2	0,82	0,86	a	
S3	0,86	0,82	b	

4. Lemak

Perlakuan	Ulangan			Jumlah	Rerata	STD
	I	II	III			
T1S1	3,6	3,6	3,5	10,70	3,57	0,06
T1S2	3,3	3,5	3,5	10,30	3,43	0,12
T1S3	3,5	3,5	3,5	10,50	3,50	0,00
T2S1	3,8	3,5	3,5	10,80	3,60	0,17
T2S2	3,4	3,4	3,5	10,30	3,43	0,06
T2S3	3,4	3,4	3,6	10,40	3,47	0,12
T3S1	3,5	3,6	3,5	10,60	3,53	0,06
T3S2	3,4	3,5	3,5	10,40	3,47	0,06
T3S3	3,4	3,6	3,5	10,50	3,50	0,10

5. Total Mikroba

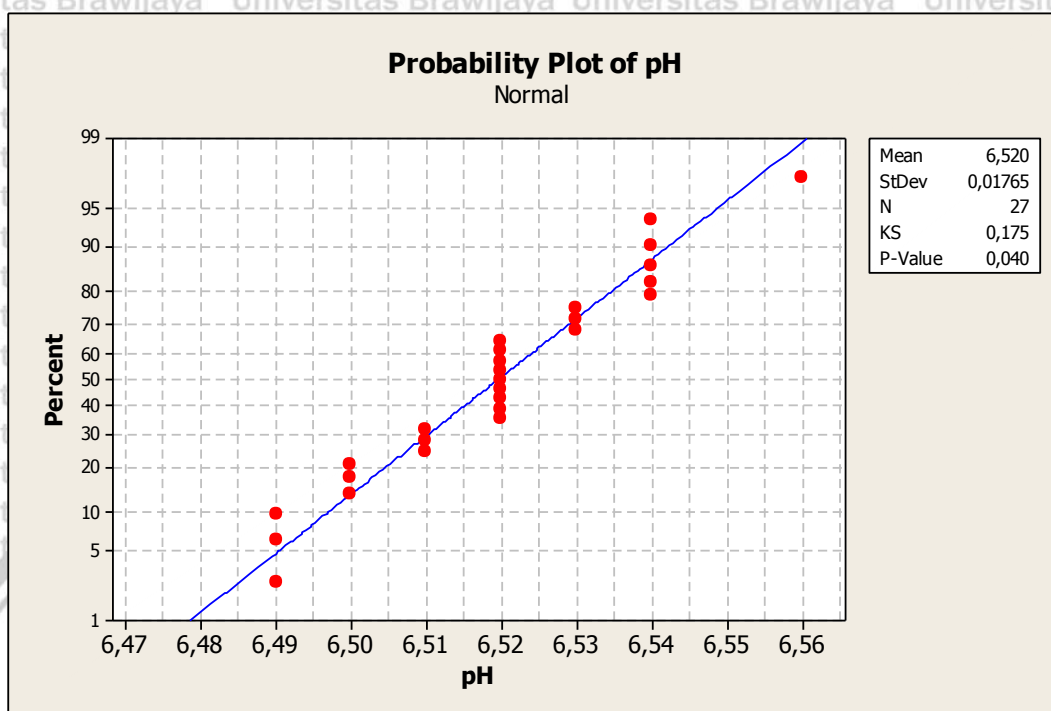
Perlakuan	Ulangan			Jumlah	Rerata	STD
	I	II	III			
T1S1	2,45	2,52	2,38	7,35	2,45	0,08
T1S2	3,19	3,34	3,26	9,79	3,26	0,13
T1S3	2,49	2,62	2,75	7,86	2,62	0,33
T2S1	2,66	2,80	3,28	8,74	2,91	0,04
T2S2	4,03	4,08	4,10	12,21	4,07	0,06
T2S3	3,03	2,97	2,91	8,91	2,97	0,51
T3S1	3,13	3,96	4,06	11,15	3,72	0,03
T3S2	4,12	4,07	4,10	12,29	4,10	0,05
T3S3	3,71	3,78	3,81	11,30	3,77	0,05

Analisa Uji Lanjut DMRT

Perlakuan	Rerata	Urutan	Notasi
Tanpa Penyimpanan 70°C	2,45	4,10	d
Refrigerator 70°C	3,26	4,07	cd
Freezer 70°C	2,62	3,77	cd
Tanpa Penyimpanan 60°C	2,91	3,72	cd
Refrigerator 60°C	4,07	3,26	bc
Freezer 60°C	2,97	2,97	ab
Tanpa Penyimpanan 50°C	3,72	2,91	ab
Refrigerator 50°C	4,10	2,62	a
Freezer 50°C	3,77	2,45	a

Lampiran 4 Analisa Ragam pH

1. Uji Normalitas



2. Uji Non-Parametric Kruskal-Wallis

Kruskal-Wallis Test: pH versus T

Kruskal-Wallis Test on pH

T	N	Median	Ave Rank	Z
1	9	6,510	12,6	-0,67
2	9	6,520	14,1	0,05
3	9	6,520	15,3	0,62
Overall	27		14,0	

$H = 0,55$ $DF = 2$ $P = 0,758$
 $H = 0,58$ $DF = 2$ $P = 0,748$ (adjusted for ties)

Kruskal-Wallis Test: pH versus S

Kruskal-Wallis Test on pH

S	N	Median	Ave Rank	Z
1	9	6,540	19,2	2,42
2	9	6,500	7,3	-3,09
3	9	6,520	15,4	0,67
Overall	27		14,0	

$H = 10,54$ $DF = 2$ $P = 0,005$
 $H = 11,07$ $DF = 2$ $P = 0,004$ (adjusted for ties)

Kruskal-Wallis Test: pH versus TS

Kruskal-Wallis Test on pH

TS	N	Median	Ave Rank	Z
1	3	6,540	18,7	1,08
2	3	6,510	6,0	-1,85
3	3	6,520	13,0	-0,23
4	3	6,520	18,3	1,00
5	3	6,500	8,0	-1,39
6	3	6,520	16,0	0,46
7	3	6,540	20,7	1,54
8	3	6,490	8,0	-1,39
9	3	6,520	17,3	0,77
Overall	27		14,0	

H = 11,29 DF = 8 P = 0,186

H = 11,86 DF = 8 P = 0,158 (adjusted for ties)

* NOTE * One or more small samples

3. Uji Lanjut Mann-Whitney**Mann-Whitney Test and CI: s1; s2**

	N	Median
s1	9	4,0000
s2	9	4,0000

Point estimate for ETA1-ETA2 is -1,0000

95,8 Percent CI for ETA1-ETA2 is (-0,9997;0,0004)

W = 60,0

Test of ETA1 = ETA2 vs ETA1 not = ETA2 is significant at 0,0273

The test is significant at 0,0113 (adjusted for ties)

Mann-Whitney Test and CI: s1; s3

	N	Median
s1	9	4,0000
s3	9	4,0000

Point estimate for ETA1-ETA2 is 0,0000

95,8 Percent CI for ETA1-ETA2 is (-1,0003;0,0003)

W = 66,0

Test of ETA1 = ETA2 vs ETA1 not = ETA2 is significant at 0,0934

The test is significant at 0,0330 (adjusted for ties)

Mann-Whitney Test and CI: s2; s3

	N	Median
s2	9	4,0000
s3	9	4,0000

Point estimate for ETA1-ETA2 is -0,0000

95,8 Percent CI for ETA1-ETA2 is (0,0001;1,0003)

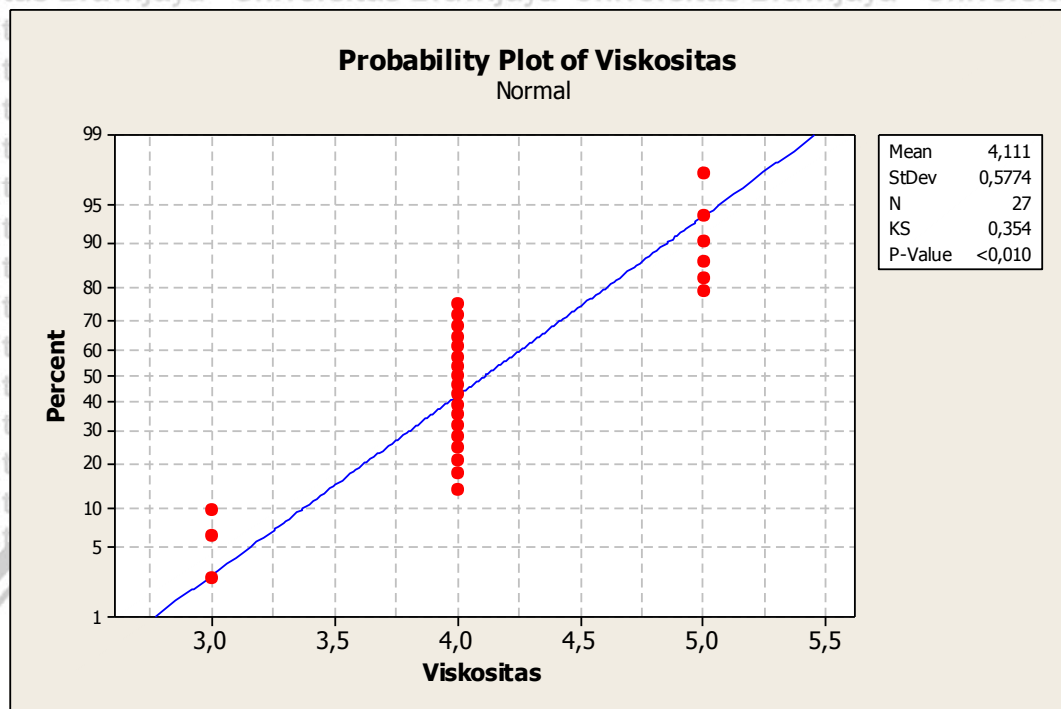
W = 94,5

Test of ETA1 = ETA2 vs ETA1 not = ETA2 is significant at 0,4529

The test is significant at 0,3587 (adjusted for ties)

Lampiran 5 Data Hasil Uji Viskositas (cP)

1. Uji Normalitas



2. Uji Non-Parametric Kruskal-Wallis

Kruskal-Wallis Test: Viskositas versus T

Kruskal-Wallis Test on Viskositas

T	N	Median	Ave Rank	Z
1	9	4,000	15,3	0,62
2	9	4,000	14,0	0,00
3	9	4,000	12,7	-0,62
Overall	27		14,0	

H = 0,51 DF = 2 P = 0,776

H = 0,73 DF = 2 P = 0,693 (adjusted for ties)

Kruskal-Wallis Test: Viskositas versus S

Kruskal-Wallis Test on Viskositas

S	N	Median	Ave Rank	Z
1	9	4,000	9,0	-2,31
2	9	4,000	17,8	1,77
3	9	4,000	15,2	0,54
Overall	27		14,0	

H = 5,87 DF = 2 P = 0,053

H = 8,47 DF = 2 P = 0,014 (adjusted for ties)

Kruskal-Wallis Test: Viskositas versus TS

Kruskal-Wallis Test on Viskositas

TS	N	Median	Ave Rank	Z
1	3	4,000	9,0	-1,16
2	3	5,000	20,5	1,50
3	3	4,000	16,5	0,58
4	3	4,000	9,0	-1,16
5	3	4,000	16,5	0,58
6	3	4,000	16,5	0,58
7	3	4,000	9,0	-1,16
8	3	4,000	16,5	0,58
9	3	4,000	12,5	-0,35
Overall	27		14,0	

H = 6,88 DF = 8 P = 0,550

3. Uji Mann-Whitney

Mann-Whitney Test and CI: s1; s2

	N	Median
s1	9	6,5400
s2	9	6,5000

Point estimate for ETA1-ETA2 is 0,0300

95,8 Percent CI for ETA1-ETA2 is (-0,0100;0,0500)

W = 118,5

Test of ETA1 = ETA2 vs ETA1 not = ETA2 is significant at 0,0041

The test is significant at 0,0036 (adjusted for ties)

Mann-Whitney Test and CI: s1; s3

	N	Median
s1	9	6,5400
s3	9	6,5200

Point estimate for ETA1-ETA2 is 0,0100

95,8 Percent CI for ETA1-ETA2 is (-0,0000;0,0200)

W = 99,5

Test of ETA1 = ETA2 vs ETA1 not = ETA2 is significant at 0,2332

The test is significant at 0,2068 (adjusted for ties)

Mann-Whitney Test and CI: s2; s3

	N	Median
s2	9	6,5000
s3	9	6,5200

Point estimate for ETA1-ETA2 is -0,0200

95,8 Percent CI for ETA1-ETA2 is (-0,0300;-0,0000)

W = 58,5

Test of ETA1 = ETA2 vs ETA1 not = ETA2 is significant at 0,0193

The test is significant at 0,0164 (adjusted for ties)

Lampiran 6 Hasil Uji Protein Terlarut (%)

General Linear Model: Protein Terlarut versus T; S; Ulangan

Factor	Type	Levels	Values
T	fixed	3	1; 2; 3
S	fixed	3	1; 2; 3
Ulangan	fixed	3	1; 2; 3

Analysis of Variance for protein, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
T	2	0,0011630	0,0011630	0,0005815	0,73	0,498
S	2	0,0194296	0,0194296	0,0097148	12,17	0,001
Ulangan	2	0,0018963	0,0018963	0,0009481	1,19	0,330
T*S	4	0,0020148	0,0020148	0,0005037	0,63	0,647
Error	16	0,0127704	0,0127704	0,0007981		
Total	26	0,0372741				

S = 0,0282515 R-Sq = 65,74% R-Sq(adj) = 44,33%

Unusual Observations for protein

Obs	protein	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
17	0,800000	0,857407	0,018033	-0,057407	-2,64 R

R denotes an observation with a large standardized residual.

Grouping Information Using Bonferroni Method and 95,0% Confidence

T	N	Mean	Grouping
3	9	0,8600	A
2	9	0,8589	A
1	9	0,8456	A

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Bonferroni Method and 95,0% Confidence

S	N	Mean	Grouping
1	9	0,8833	A
3	9	0,8622	A
2	9	0,8189	B

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Bonferroni Method and 95,0% Confidence

Ulangan	N	Mean	Grouping
3	9	0,8667	A
2	9	0,8489	A
1	9	0,8489	A

Means that do not share a letter are significantly different.

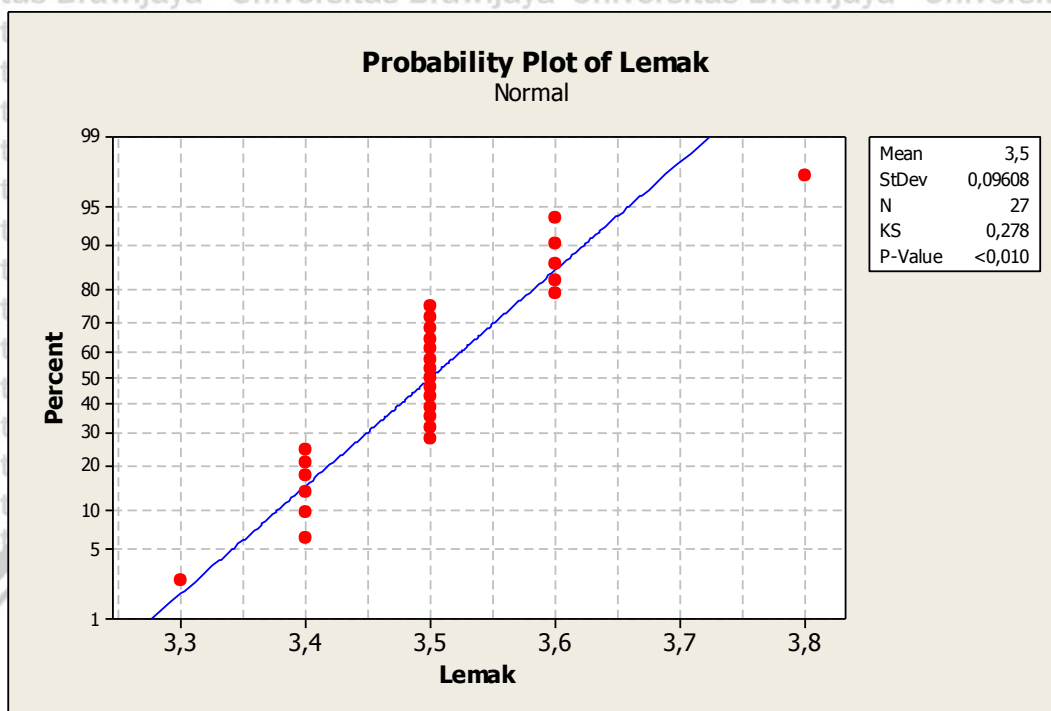
Grouping Information Using Bonferroni Method and 95,0% Confidence

T	S	N	Mean	Grouping
3	1	3	0,9033	A
2	1	3	0,8800	A B
3	3	3	0,8667	A B
1	1	3	0,8667	A B
2	3	3	0,8633	A B
1	3	3	0,8567	A B
2	2	3	0,8333	A B
1	2	3	0,8133	B
3	2	3	0,8100	B

Means that do not share a letter are significantly different.

Lampiran 7 Hasil Uji Lemak (%)

1. Uji Normalitas



2. Uji Non-Parametric

Kruskal-Wallis Test: Lemak versus T

Kruskal-Wallis Test on Lemak

T	N	Median	Ave Rank	Z
1	9	3,500	15,1	0,51
2	9	3,500	12,5	-0,69
3	9	3,500	14,4	0,18
Overall	27		14,0	

$H = 0,52$ $DF = 2$ $P = 0,771$
 $H = 0,62$ $DF = 2$ $P = 0,735$ (adjusted for ties)

Kruskal-Wallis Test: Lemak versus S

Kruskal-Wallis Test on Lemak

S	N	Median	Ave Rank	Z
1	9	3,500	19,1	2,34
2	9	3,500	9,7	-2,01
3	9	3,500	13,3	-0,33
Overall	27		14,0	

$H = 6,41$ $DF = 2$ $P = 0,041$
 $H = 7,59$ $DF = 2$ $P = 0,022$ (adjusted for ties)

Kruskal-Wallis Test: Lemak versus TS

Kruskal-Wallis Test on Lemak

TS	N	Median	Ave Rank	Z
1	3	3,600	20,8	1,58
2	3	3,500	10,0	-0,93
3	3	3,500	14,5	0,12
4	3	3,500	18,7	1,08
5	3	3,400	7,8	-1,43
6	3	3,400	11,0	-0,69
7	3	3,500	17,7	0,85
8	3	3,500	11,2	-0,66
9	3	3,500	14,3	0,08
Overall	27		14,0	

H = 7,30 DF = 8 P = 0,504

H = 8,65 DF = 8 P = 0,373 (adjusted for ties)

* NOTE * One or more small samples

3. Uji Lanjut Mann-Whitney

Mann-Whitney Test and CI: s1; s2

	N	Median
s1	9	3,5000
s2	9	3,5000

Point estimate for ETA1-ETA2 is 0,1000

95,8 Percent CI for ETA1-ETA2 is (0,0000;0,2000)

W = 113,5

Test of ETA1 = ETA2 vs ETA1 not = ETA2 is significant at 0,0152

The test is significant at 0,0074 (adjusted for ties)

Mann-Whitney Test and CI: s1; s3

	N	Median
s1	9	3,5000
s3	9	3,5000

Point estimate for ETA1-ETA2 is 0,1000

95,8 Percent CI for ETA1-ETA2 is (0,0000;0,2000)

W = 103,0

Test of ETA1 = ETA2 vs ETA1 not = ETA2 is significant at 0,1333

The test is significant at 0,1038 (adjusted for ties)

Mann-Whitney Test and CI: s2; s3

	N	Median
s2	9	3,5000
s3	9	3,5000

Point estimate for ETA1-ETA2 is 0,0000

95,8 Percent CI for ETA1-ETA2 is (-0,1000;-0,0000)

W = 74,5

Test of ETA1 = ETA2 vs ETA1 not = ETA2 is significant at 0,3538

The test is significant at 0,3114 (adjusted for ties)

Lampiran 8 Hasil Uji Total Mikroba (CFU/mL)

General Linear Model: Total Mikroba versus T; S; Ulangan

Factor	Type	Levels	Values
T	fixed	3	1; 2; 3
S	fixed	3	1; 2; 3
Ulangan	fixed	3	1; 2; 3

Analysis of Variance for tpc, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
T	2	5,27043	5,27043	2,63521	69,88	0,000
S	2	3,29925	3,29925	1,64963	43,74	0,000
Ulangan	2	0,20054	0,20054	0,10027	2,66	0,101
T*S	4	0,61193	0,61193	0,15298	4,06	0,019
Error	16	0,60339	0,60339	0,03771		
Total	26	9,98554				

S = 0,194196 R-Sq = 93,96% R-Sq(adj) = 90,18%

Unusual Observations for tpc

Obs	tpc	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
19	3,13000	3,59926	0,12395	-0,46926	-3,14 R

R denotes an observation with a large standardized residual.

Grouping Information Using Bonferroni Method and 95,0% Confidence

T	N	Mean	Grouping
3	9	3,860	A
2	9	3,318	B
1	9	2,778	C

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Bonferroni Method and 95,0% Confidence

S	N	Mean	Grouping
2	9	3,810	A
3	9	3,119	B
1	9	3,027	B

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Bonferroni Method and 95,0% Confidence

Ulangan	N	Mean	Grouping
3	9	3,406	A
2	9	3,349	A
1	9	3,201	A

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Bonferroni Method and 95,0% Confidence

T	S	N	Mean	Grouping
3	2	3	4,097	A
2	2	3	4,070	A
3	3	3	3,767	A B
3	1	3	3,717	A B
1	2	3	3,263	B C
2	3	3	2,970	C D
2	1	3	2,913	C D
1	3	3	2,620	D
1	1	3	2,450	D

Means that do not share a letter are significantly different.

Lampiran 9 Data Perlakuan Terbaik

Perlakuan	T1S1	T1S2	T1S3	T2S1	T2S2	T2S3	T3S1	T3S2	T3S3
pH	6,53	6,50	6,52	6,53	6,51	6,52	6,53	6,50	6,53
Viskositas	4	5	4	4	4	4	4	4	4
Protein	0,87	0,81	0,86	0,88	0,83	0,86	0,90	0,81	0,87
Lemak	3,6	3,4	3,5	3,6	3,4	3,5	3,5	3,5	3,5
TPC	2,45	3,26	2,62	2,91	3,30	2,97	3,72	3,80	3,77
Dk	T1S1	T1S2	T1S3	T2S1	T2S2	T2S3	T3S1	T3S2	T3S3
pH	1	0,995406	0,998469	1	0,996937	0,998469	1	0,995406	1
Viskositas	1	0,785867	0,847575	1	0,847575	0,847575	1	0,847575	0,9175
Protein	0,966666667	0,9	0,955556	0,977778	0,922222	0,955556	1	0,9	0,966667
Lemak	0,991666667	0,952778	0,972222	1	0,952778	0,963889	0,980556	0,963889	0,972222
TPC	1	0,751534	0,935115	0,841924	0,742424	0,824916	0,658602	0,644737	0,649867
1-dk	T1S1	T1S2	T1S3	T2S1	T2S2	T2S3	T3S1	T3S2	T3S3
pH	0	0,004594	0,001531	0	0,003063	0,001531	0	0,004594	0
Viskositas	0	0,214133	0,152425	0	0,152425	0,152425	0	0,152425	0,0825
Protein	0,033333333	0,1	0,044444	0,022222	0,077778	0,044444	0	0,1	0,033333
Lemak	0,008333333	0,047222	0,027778	0	0,047222	0,036111	0,019444	0,036111	0,027778
TPC	0	0,248466	0,064885	0,158076	0,257576	0,175084	0,341398	0,355263	0,350133
Jumlah	0,041666667	0,614415	0,291064	0,180298	0,538063	0,409596	0,360842	0,648393	0,493744

(1-dk)2	T1S1	T1S2	T1S3	T2S1	T2S2	T2S3	T3S1	T3S2	T3S3
pH	0	2,11E-05	2,35E-06	0	9,38E-06	2,35E-06	0	2,11E-05	0
Viskositas	0	0,045853	0,023233	0	0,023233	0,023233	0	0,023233	0,006806
Protein	0,001111111	0,01	0,001975	0,000494	0,006049	0,001975	0	0,01	0,001111
Lemak	6,94444E-05	0,00223	0,000772	0	0,00223	0,001304	0,000378	0,001304	0,000772
TPC	0	0,061735	0,00421	0,024988	0,066345	0,030654	0,116552	0,126212	0,122593
Jumlah	0,001180556	0,119839	0,030193	0,025482	0,097867	0,057169	0,116931	0,16077	0,131282
dk*lamda	T1S1	T1S2	T1S3	T2S1	T2S2	T2S3	T3S1	T3S2	T3S3
pH	0,2	0,199081	0,199694	0,2	0,199387	0,199694	0,2	0,199081	0,2
Viskositas	0,2	0,157173	0,169515	0,2	0,169515	0,169515	0,2	0,169515	0,1835
Protein	0,193333333	0,18	0,191111	0,195556	0,184444	0,191111	0,2	0,18	0,193333
Lemak	0,198333333	0,190556	0,194444	0,2	0,190556	0,192778	0,196111	0,192778	0,194444
TPC	0,2	0,150307	0,187023	0,168385	0,148485	0,164983	0,13172	0,128947	0,129973
Jumlah	0,991666667	0,877117	0,941787	0,96394	0,892387	0,918081	0,927832	0,870321	0,901251
Lamda	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
lamda^2	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
1-(dk*lamda)	0,008333333	0,122883	0,058213	0,03606	0,107613	0,081919	0,072168	0,129679	0,098749
lamda^2*(1-dk)^2	T1S1	T1S2	T1S3	T2S1	T2S2	T2S3	T3S1	T3S2	T3S3
pH	0	8,44E-07	9,38E-08	0	3,75E-07	9,38E-08	0	8,44E-07	0
Viskositas	0	0,001834	0,000929	0	0,000929	0,000929	0	0,000929	0,000272
Protein	4,44444E-05	0,0004	7,9E-05	1,98E-05	0,000242	7,9E-05	0	0,0004	4,44E-05
Lemak	2,77778E-06	8,92E-05	3,09E-05	0	8,92E-05	5,22E-05	1,51E-05	5,22E-05	3,09E-05
TPC	0	0,002469	0,000168	0,001	0,002654	0,001226	0,004662	0,005048	0,004904
Jumlah	4,72222E-05	0,004794	0,001208	0,001019	0,003915	0,002287	0,004677	0,006431	0,005251

lamda*(1-dk)	T1S1	T1S2	T1S3	T2S1	T2S2	T2S3	T3S1	T3S2	T3S3
pH	0	0,000919	0,000306	0	0,000613	0,000306	0	0,000919	0
Viskositas	0	0,042827	0,030485	0	0,030485	0,030485	0	0,030485	0,0165
Protein	0,006666667	0,02	0,008889	0,004444	0,015556	0,008889	0	0,02	0,006667
Lemak	0,001666667	0,009444	0,005556	0	0,009444	0,007222	0,003889	0,007222	0,005556
TPC	0	0,049693	0,012977	0,031615	0,051515	0,035017	0,06828	0,071053	0,070027
Jumlah	0,008333333	0,122883	0,058213	0,03606	0,107613	0,081919	0,072168	0,129679	0,098749
Hasil	T1S1	T1S2	T1S3	T2S1	T2S2	T2S3	T3S1	T3S2	T3S3
L1	0,008333333	0,122883	0,058213	0,03606	0,107613	0,081919	0,072168	0,129679	0,098749
L2	4,72222E-05	0,004794	0,001208	0,001019	0,003915	0,002287	0,004677	0,006431	0,005251
Lmax	0,008333333	0,122883	0,058213	0,03606	0,107613	0,081919	0,072168	0,129679	0,098749
Total	0,016713889	0,25056	0,117633	0,073138	0,21914	0,166125	0,149014	0,265788	0,202749

Lampiran 10 Dokumentasi Penelitian

1. Proses Pembuatan Susu Pasteurisasi



Pemberian Pakan



Proses Pemerahan Susu



Uji alkohol 70%



Sterilisasi Alat dan Pasteurisasi



Homogenisasi Susu



Pengisian Susu kedalam Botol

2. Proses Analisa Parameter Fisik, Kimia dan Mikrobiologi



Analisa Viskositas dengan viskometer



Analisa pH dengan pH meter



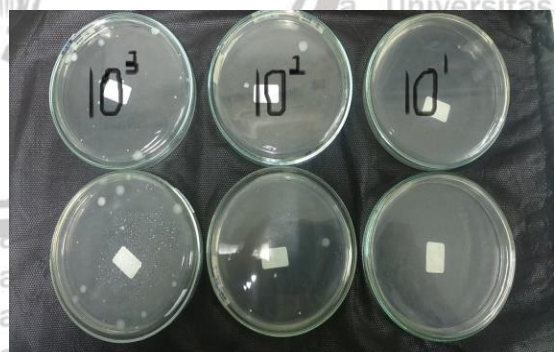
Analisa Protein Terlarut Metode Biuret



Kontrol TPC



Pengukuran Lemak Metode Gerber



TPC

I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Susu merupakan salah satu produk hasil ternak yang dihasilkan dari sekresi kelenjar mammae oleh semua mamalia. Susu merupakan salah satu substansi cair yang memiliki nilai gizi tinggi karena banyak mengandung unsur-unsur yang dibutuhkan oleh tubuh seperti protein, lemak, vitamin A, B, D, kalsium dan fosfor (Ginting dan Pasaribu, 2005). Unsur-unsur tersebut mudah dicerna dan diserap secara sempurna oleh tubuh. Kondisi susu dengan nilai zat gizi lengkap ini memberikan peluang besar untuk pertumbuhan beberapa mikroorganisme seperti bakteri, kapang dan khamir. Nutrisi yang ada pada susu akan digunakan sebagai media pertumbuhan oleh mikroorganisme untuk tumbuh dan berkembangbiak. Bakteri yang dapat tumbuh pada susu dapat dikelompokkan menjadi dua jenis, yaitu bakteri pembusuk dan patogen. Bakteri pembusuk yang dapat tumbuh antara lain adalah *Micrococcus sp.*, *Pseudomonas sp.*, dan *Bacillus sp.* Bakteri tersebut dapat menyebabkan susu menjadi asam dan berlendir yang disebabkan karena penguraian senyawa kompleks seperti protein dan lemak (Suwito, 2010). Sedangkan untuk jenis bakteri patogen antara lain adalah *Coxiella burnetii*, *Mycobacterium tuberculosis* dan *Escherichia coli*. Beberapa bakteri patogen tersebut dapat membahayakan kesehatan manusia karena dapat menyebabkan penyakit seperti demam, tuberkolosis dan gangguan pencernaan (Srujana *et al.*, 2011). Pertumbuhan berbagai macam mikroorganisme ini akan mengubah kualitas dan mutu dari susu yang meliputi parameter warna, aroma, rasa, dan penampakan yang pada akhirnya akan membuat susu rusak (Punc dan Olson, 1984). Oleh karena itu, sebelum mengalami kerusakan, susu harus mendapatkan penanganan dengan cepat dan tepat untuk mempertahankan kualitasnya, antara lain melalui proses pasteurisasi.

Pasteurisasi merupakan salah satu metode pemanasan pada susu segar menggunakan suhu dan waktu tertentu yang bertujuan untuk membunuh sebagian mikroba patogen yang ada pada susu (Tamime, 2009). Pasteurisasi merupakan proses yang menggunakan suhu rendah dibawah 100°C. Pasteurisasi dapat dilakukan menggunakan dua cara, yaitu *Low Temperature*

Long Time (LTLT) dengan suhu 63 °C selama 30 menit dan *High Temperature Short Time* (HTST) dengan suhu 72 °C selama 15 detik (Sabil, 2015). Selain itu, pasteurisasi dilakukan untuk memperpanjang masa simpan dari susu yang terbatas. Untuk mencapai beberapa tujuan tersebut, pasteurisasi harus diikuti dengan *treatment* lain seperti proses pengemasan dan penyimpanan yang tepat.

Proses pengisian (*filling*) pada pengemasan susu pasteurisasi dapat dilakukan menggunakan beberapa metode yaitu pengisian dingin (*cold filling*) dan pengisian panas (*hot filling*). Proses pengisian dingin (*cold filling*) merupakan proses pengemasan produk dengan suhu rendah sedangkan pengisian panas (*hot filling*) pengemasan dilakukan langsung ketika produk dalam keadaan panas baru didinginkan (Hariadi, 2015). Kelebihan utama dari proses pengisian panas (*hot filling*) ini adalah fasilitas yang relatif sederhana sehingga untuk biaya investasi juga lebih rendah, selain itu tidak ada bahan pengawet buatan yang ditambahkan seperti natrium benzoate karena prosesnya sudah mampu membuat kemasan dari produk steril. Kekurangan dari pengisian panas yaitu harus menggunakan kemasan produk yang tahan terhadap suhu tinggi agar kemasan tidak mengalami kerusakan.

Selain itu, produk pasteurisasi harus disimpan pada penyimpanan suhu rendah untuk meminimalisir pertumbuhan mikroorganisme karena pasteurisasi hanya membunuh sebagian mikroorganisme yang ada pada susu. Produk susu pasteurisasi jika disimpan pada suhu rendah akan bertahan hingga seminggu masa penyimpanan serta dapat mempertahankan kualitasnya (Sarinengsih, 2009).

Berdasarkan penelitian sebelumnya (Mirza, 2016) diperoleh hasil bahwa susu pasteurisasi tanpa rasa dengan metode pengisian dingin (*cold filling*) memiliki masa simpan sekitar 9 hari pada penyimpanan *cooling room* (-3°C) sedangkan untuk susu yang ditambahkan perasa (*flavor*) masa simpannya berkisar selama 7 hari yang dibuktikan dengan melakukan beberapa pengujian yaitu uji alkohol 70%, derajat keasaman (°SH), dan uji kocok. Berdasarkan data tersebut, maka diperlukan suatu penelitian lanjutan tentang proses pengisian (*filling*) susu pasteurisasi menggunakan metode lain yaitu menggunakan pengisian panas (*hot filling*). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pengisian panas (*hot filling*) terhadap kualitas susu pasteurisasi yang disimpan pada suhu rendah yaitu pada *refrigerator* dan *freezer* berdasarkan parameter fisik kimia dan mikrobiologi. Suhu *refrigerator* yang digunakan adalah $\pm 3^{\circ}\text{C}$ dan untuk suhu *freezer* $\pm (-20^{\circ}\text{C})$.

Selain itu, pada saat ini, metode pengisian panas (*hot filling*) pada industri pangan sebagian besar diterapkan pada produk kecap, saus spaghetti, selai, jelly, sirup dan *salad dressing* dan masih jarang diterapkan dan diaplikasikan pada produk olahan susu sehingga diharapkan dengan adanya penelitian ini dapat diketahui apakah metode pengisian panas (*hot filling*) efektif diterapkan pada produk susu pasteurisasi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

1. Apakah metode pengisian panas (*hot filling*) dapat mempengaruhi kualitas susu pasteurisasi di Balai Besar Pelatihan Peternakan berdasarkan parameter fisik, kimia dan mikrobiologi?
2. Apakah perbedaan suhu penyimpanan mempengaruhi kualitas dari susu pasteurisasi di Balai Besar Pelatihan Peternakan berdasarkan parameter fisik, kimia dan mikrobiologi?
3. Apakah metode pengisian panas (*hot filling*) efektif diterapkan pada produk susu pasteurisasi?

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh metode pengisian panas (*hot filling*) susu pasteurisasi di Balai Besar Pelatihan Peternakan Batu, Malang terhadap parameter fisik kima dan mikrobiologis
2. Mengetahui pengaruh perbedaan suhu penyimpanan pada susu pasteurisasi di Balai Besar Pelatihan Peternakan Batu, Malang terhadap parameter fisik kima dan mikrobiologis
3. Mengetahui apakah metode pengisian panas (*Hot Filling*) efektif diterapkan pada produk susu pasteurisasi

1.4 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah

1. Mengetahui apakah metode pengisian panas (*hot filling*) dapat diterapkan di Balai Besar Pelatihan Peternakan, Batu dan UMKM disekitarnya
2. Mengetahui suhu penyimpanan terbaik susu pasteurisasi dan dapat diterapkan di Balai Besar Pelatihan Peternakan, Batu maupun UMKM disekitarnya

1.5 Hipotesis

Hipotesis dari penelitian ini adalah

1. Diduga penyimpanan pada *freezer* akan meminimalkan penurunan mutu pada susu pasteurisasi di Balai Besar Pelatihan Peternakan
2. Diduga pengisian panas (*hot filling*) dapat meminimalkan terjadinya penurunan mutu pada susu pasteurisasi selama penyimpanan
3. Diduga pengisian panas (*hot filling*) efektif diterapkan pada susu pasteurisasi



II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Susu

Susu adalah cairan yang disekresi dari kelenjar susu mamalia betina untuk bahan makanan dan sumber gizi bagi anaknya. Cairan susu berwarna putih atau kuning-putih buram. Warna dari susu dipengaruhi oleh hamburan dan penyerapan cahaya oleh tetesan lemak susu dan protein misel. Susu tersebut diproduksi dari unsur darah pada kelenjar susu sapi (Winarno, 1993). Kandungan gizi dalam susu sangat ideal, mudah dicerna, serta mudah diserap dalam tubuh secara sempurna (Legowo *et al.*, 2009). Susu memiliki kandungan zat gizi esensial diantaranya adalah protein, kalsium, fosfor, vitamin A dan tiamin (vitamin B1). Susu merupakan sumber kalsium paling baik karena memiliki kadar kalsium yang tinggi dan laktosa dalam susu membantu absorpsi susu di dalam saluran cerna (Almatsier, 2002).

Untuk keperluan komersial, sumber susu yang paling umum digunakan adalah sapi. Namun, ada ternak lain yang dapat digunakan seperti domba, kambing, dan kerbau. Alat penghasil susu pada sapi biasanya disebut ambing. Ambing terdiri dari 4 kelenjar yang berlainan yang dikenal sebagai perempatan (*quarter*). Masing-masing perempatan dilengkapi dengan satu saluran ke bagian luar yang disebut puting. Saluran ini berhubungan dengan saluran yang sebenarnya menyimpan susu. Kelenjar tersebut terdiri dari banyak saluran cabang yang lebih kecil yang berakhir pada suatu pelebaran yang disebut alveoli yang merupakan tempat penghasil susu. Kandungan air di dalam susu sekitar 87,5% dan kandungan gulanya sekitar 5% akan tetapi rasanya tidak manis. Daya kemanisan susu hanya seperlima kemanisan sukrosa sedangkan kandungan laktosa dan garam bertanggung jawab terhadap rasa susu yang spesifik (Winarno, 1993).

Tingginya kandungan nutrisi yang terdapat pada susu dapat menjadikannya sebagai media pertumbuhan yang baik bagi beberapa mikroorganisme seperti bakteri, kapang dan khamir. Pertumbuhan mikroorganisme pada susu ini akan berdampak pada kualitas fisik, kimia maupun sensori dari susu segar. Menurut Depkes (2005) susu sapi memiliki beberapa kandungan gizi yang ditunjukkan pada Tabel 2.1

Tabel 2.1 Kandungan Gizi Susu Sapi/100 gr

Kandungan Zat Gizi	Komposisi
Energi (kkal)	61
Protein (g)	3.2
Lemak (g)	3.5
Karbohidrat (g)	4.3
Kalsium (mg)	143
Fosfor (mg)	60
Besi (mg)	1.7
Vitamin A (µg)	39
Vitamin B1 (mg)	0.03
Vitamin C (mg)	1
Air (g)	88.3

Sumber: Departemen Kesehatan (2005)

Protein pada susu memiliki mutu yang sangat tinggi dan memiliki kadar sebesar 3,5%. Protein pada susu dibagi menjadi dua golongan yaitu kasein dan *whey*. Kasein merupakan komponen protein yang terbesar dalam susu dan sisanya berupa protein *whey*. Kadar kasein dalam protein susu mencapai 80% dari jumlah total protein yang terdapat dalam susu sapi, sedangkan protein *whey* sebanyak 20%. Kasein sangat penting dikonsumsi karena mengandung komposisi asam amino yang dibutuhkan tubuh (Winarno, 1993). Karbohidrat utama yang terdapat di dalam susu adalah laktosa. Laktosa adalah disakarida yang terdiri dari glukosa dan galaktosa. Enzim *laktase* bertugas memecah laktosa menjadi gula-gula sederhana yaitu glukosa dan galaktosa (Khomsan, 2004).

Selain itu, susu juga mengandung unsur gizi yang mampu menjaga kestabilan kualitas dan berat tubuh manusia. Hal ini disebabkan karena di dalam susu terdapat tiga kandungan gizi dan asam lemak susu yang cukup penting untuk tubuh manusia, yakni asam butirat, asam linoleat terkonjugasi (ALT) dan fosfolipit. Asam butirat berfungsi untuk meningkatkan daya cerna tubuh dan dapat mencegah bibit kanker usus besar karena asam tersebut berguna untuk membantu pertumbuhan bakteri baik. Sementara ALT dan fosfolipit berfungsi

untuk menghindari tumor, menurunkan resiko kanker, hipertensi dan diabetes. Dua asam lemak tersebut juga mampu mengontrol lemak dan perkembangan berat badan. Dengan demikian jumlah lemak yang masuk kedalam tubuh dapat tersaring oleh ALT dengan sendirinya (Siswono, 2005).

Susu merupakan salah satu contoh dari zat fluida. Hal ini disebabkan karena susu merupakan zat yang dapat mengalir dari satu tempat ke tempat lain. Reologi adalah ilmu tentang bagaimana fluida mengalir dan padatan berubah bentuk ketika diberikan gaya (Ibarz, et al., 2005). Sifat reologi didasarkan pada respon aliran dan deformasi bahan ketika diberikan gaya normal atau tangensial. Suatu fluida akan mengalir karena adanya tekanan yang diberikan. Tekanan yang diberikan pada suatu benda dengan arah tegak lurus disebut *normal stress* atau *pressure* (P) sedangkan bila sejajar dengan bidang, disebut gaya geser (*shear stress*).

Secara umum terdapat dua jenis sifat aliran bahan, yaitu *newtonian* dan *non-newtonian*. Pada susu termasuk bahan pangan yang memiliki karakteristik alir *non-newtonian*.

Sifat aliran dari bahan cair dapat digambarkan dengan diagram (kurva) aliran. Kurva ini merupakan plot antara gaya geser (*shear stress*) dengan laju geser (*shear rate*). Dimana viskositas merupakan rasio dari gaya geser dengan laju geser pada semua titik sepanjang kurva. Pada kurva cairan *newtonian* rasio dari gaya geser dengan laju geser pada semua titik nilainya konstan, dan disebut viskositas tunggal (μ). Jika aliran tidak linier digunakan simbol viskositas nyata (μ_{app}), yang merupakan slope dari garis yang menghubungkan sebuah titik pada kurva dengan titik asal (0,0).

Fluida *non-newtonian* merupakan fluida yang akan mengalami perubahan viskositas ketika terdapat gaya yang bekerja pada fluida tersebut. fluida *non-newtonian* memiliki kurva aliran (*shear stress* versus *shear rate*) tidak linier, dimana viskositas nyata (μ_{app}) tidak konstan pada suhu dan tekanan yang diberikan tetapi bergantung pada kondisi aliran seperti geometri aliran, *shear rate*, dan lain-lain, dan terkadang juga dipengaruhi oleh histori kinematik elemen fluida yang diuji (Chhabra dan Richardson, 1999).

2.1.1 Sifat Fisik dan Kimia Susu

a. Warna Air Susu

Warna air susu dapat berubah tergantung dari bangsa ternak, jenis pakan, jumlah lemak, bahan padat, dan bahan pembentuk warna. Warna air susu berkisar dari putih kebiruan hingga kuning keemasan. Warna putih dari susu merupakan hasil disperse dari refleksi cahaya oleh globula lemak dan partikel koloidal dari kasein dan kalsium fosfat. Warna kuning adalah karena lemak dan karoten yang dapat larut. Bila lemak diambil dari susu akan menunjukkan warna kebiruan (Warsito *et al.*, 2015).

b. Rasa dan Bau Air Susu

Rasa dan bau air susu erat kaitannya dalam menentukan kualitas air susu. Air susu terasa sedikit manis yang disebabkan oleh laktosa. Sedangkan rasa asin berasal dari klorida, sitrat, dan garam-garam mineral lainnya. Cita rasa yang kurang normal mudah sekali berkembang di dalam susu dan hal ini disebabkan oleh:

1. Fisiologis seperti cita rasa pakan sapi (misal alfalfa, bawang merah, bawang putih, dan cita rasa algae) yang akan masuk ke dalam susu jika bahan-bahan tersebut mencemari pakan dan air minum sapi.
2. Enzim yang menghasilkan cita rasa tengik karena kegiatan lipase pada lemak susu.
3. Kimiawi yang disebabkan oleh oksidasi lemak.
4. Bakteri yang timbul sebagai akibat pencemaran dan pertumbuhan bakteri yang menyebabkan pemecahan laktosa menjadi asam laktat dan hasil samping metabolik lainnya yang mudah menguap.
5. Mekanis, jika susu mungkin menyerap cita rasa yang ada disekitar (seperti cat, sabun, larutan klor) (Warsito *et al.*, 2015).

c. Berat Jenis Air Susu

Air susu menurut codex susu, berat jenisnya adalah 1,028. Codex susu adalah suatu daftar satuan yang harus dipenuhi air susu sebagai bahan makanan. Daftar ini telah disepakati para ahli gizi dan kesehatan dunia. Berat

jenis harus ditetapkan 3 jam setelah air susu diperah. Penetapan lebih awal akan menunjukkan hasil berat jenis yang lebih kecil, yang disebabkan oleh perubahan kondisi lemak (Warsito *et al.*, 2015).

d. Kekentalan Air Susu (Viskositas)

Viskositas air susu biasanya berkisar 1,5-2,0 cP. Pada suhu 20°C viskositas whey 1,2 cP, viskositas susu skim 1,5 cP, dan susu segar 2,0 cP. Bahan padat, lemak, dan temperatur dapat mempengaruhi viskositas air susu (Warsito *et al.*, 2015)

e. Titik Didih dan Titik Beku

Pada codex air susu dicantumkan bahwa titik beku air susu adalah -0,500°C, namun untuk Indonesia telah berubah menjadi -0,520°C. Titik didih air susu adalah 100,16°C (Warsito *et al.*, 2015). Variasi titik beku terjadi karena terdapat perbedaan jenis pakan yang diberikan pada hewan, musim dan jenis sapi atau hewan. Titik beku akan berubah jika pada susu ditambahkan air, santan atau lemak meskipun dalam jumlah sedikit saja (Hadiwiyoto, 2003).

f. pH

Susu segar mempunyai sifat amfoter. Air susu segar umumnya mempunyai pH antara 6,5- 6,7. Sebagian besar asam yang ada pada susu adalah asam laktat. Meskipun demikian keasaman susu dapat disebabkan oleh berbagai senyawa yang bersifat asam seperti senyawa-senyawa pospat kompleks, asam sitrat, asam-asam amino dan karbondioksida yang larut dalam susu (Nugraheni, 2013). Jika pH lebih besar dari 6,7 biasanya diartikan adanya gangguan pada puting sapi (mastitis) dan jika pH di bawah 6,5 menunjukkan adanya kolostrum atau kerusakan karena bakteri (Hadiwiyoto, 2003).

2.1.2 Syarat Mutu Susu Segar SNI

Susu segar yang akan dilakukan proses pengolahan menjadi produk olahan susu memiliki beberapa persyaratan mutu yang harus dipenuhi berdasarkan Standar Nasional Indonesia 01-3141.1:2011 yang seperti disajikan pada **Tabel 2.2**

Tabel 2.2 Standar Susu Segar SNI

	Karakteristik	Satuan	Syarat
1.	Berat jenis (pada suhu 27,5 C) minimum	g/mL	1.0270
2.	Kadar lemak minimum	%	3.0
3.	Kadar bahan kering tanpa lemak minimum	%	7.8
4.	Kadar protein minimum	%	2.8
5.	Warna, bau, rasa, dan kekentalan	-	Tidak ada perubahan
6.	Derajat asam	^o SH	6-7.5
7.	pH	-	6.3-6.8
8.	Uji alkohol (70%) v/v	-	Negatif
9.	Cemaran mikroba, maksimum :		
	1. <i>Total Plate Count</i>	CFU/mL	1 x 10 ⁶
	2. <i>S.aureus</i>	CFU/mL	1 x 10 ²
	3. <i>Enterobacteriaceae</i>	CFU/mL	1 x 10 ³
10.	Jumlah sel somatis maksimum	Sel/mL	1 x 10 ⁵
11.	Angka reduktase	Jam	2-5
12.	Residu antibiotika	-	Negatif
13.	Uji pemalsuan	-	Negatif
14.	Titik beku	^o C	-0.520 s.d 5.60
15.	Uji peroksidase	-	Positif
16.	Cemaran logam berbahaya maksimum		
	1. Timbal (Pb)	µg/mL	0.02
	2. Merkuri (Hg)	µg/mL	0.03

3. Arsen (As)

 $\mu\text{g/mL}$

0.1

Sumber: Standar Nasional Indonesia Susu Segar (2011)

Berdasarkan komposisi yang terkandung di dalamnya, maka dapat disebutkan bahwa susu merupakan salah satu jenis minuman bergizi yang dibutuhkan bagi perkembangan khususnya perkembangan tulang anak dan untuk menjaga kepadatan tulang pada orang dewasa. Selain memiliki manfaat, susu juga dapat membahayakan dan menimbulkan gangguan terhadap kesehatan manusia yang disebabkan karena susu telah tercemar oleh mikroorganisme atau benda asing seperti penambahan komponen lain yang berlebihan (gula, lemak nabati, pati dan lain-lain) (Hasanuddin, 2001).

2.1.3 Manfaat Susu

Susu merupakan salah satu jenis minuman yang menyehatkan. Hal ini disebabkan karena kandungan gizi yang terdapat pada susu mengandung semua jenis asam amino esensial dalam jumlah yang cukup (Winarno, 1993). Manfaat susu dapat dirasakan oleh tubuh dengan meminum minimal 2 gelas/hari (setara 480 mL) terutama untuk kesehatan tulang (Almatsier, 2002). Ketika seseorang pada usia anak-anak mengkonsumsi susu dalam jumlah yang rendah maka akan mengalami terjadi penurunan massa tulang yang dapat menyebabkan osteoporosis (Kalkwarf *et al.*, 2003). Susu berperan penting dalam mencegah osteoporosis karena susu merupakan sumber kalsium dan fosfor yang penting untuk pembentukan tulang (Khomsan, 2004). Tulang manusia mengalami *turning over* yaitu peluruhan dan pembentukan secara berkesinambungan. Pada saat usia muda, pembentukan tulang berlangsung lebih intens dibandingkan peluruhannya sedangkan pada usia tua sebaliknya, peluruhan tulang berlangsung lebih intens dibandingkan pembentukannya. Oleh karena itu, pada masa tua terjadi proses kehilangan massa tulang.

Selain bermanfaat untuk kesehatan tulang, susu juga bermanfaat untuk optimalisasi produksi melatonin. Susu yang banyak mengandung asam amino

triptofan merupakan salah satu bahan dasar melatonin. Melatonin adalah hormon yang dihasilkan oleh kelenjar pineal pada malam hari yang akan menjadikan kita mengantuk dan tubuh akan tertidur dengan baik. Selain itu, susu juga memiliki kemampuan mengikat logam-logam berat akibat polusi dari lingkungan. Sehingga susu akan meminimalisir beberapa dampak keracunan logam-logam berat yang mungkin dapat terjadi di dalam tubuh (Khomsan, 2004).

2.2 Pasteurisasi

Perkembangan jaman saat ini berbanding lurus dengan semakin majunya perkembangan teknologi termasuk teknologi pengolahan susu segar menjadi berbagai bentuk olahan. Pengembangan teknologi ini bertujuan untuk mencegah dan meminimalisir adanya kerusakan yang dimungkinkan dapat terjadi pada susu sebelum dikonsumsi oleh konsumen. Selain dapat dikonsumsi pada saat segar, susu juga dapat diolah dengan beberapa metode pengolahan seperti pasteurisasi, sterilisasi, dijadikan susu bubuk, es krim, susu kental manis dan sebagainya (Hadiwiyoto, 1994). Salah satu pengolahan susu segar yang banyak diterapkan di industri pangan adalah pasteurisasi.

Pasteurisasi merupakan proses pemanasan produk dibawah titik didihnya. Tujuan utama dari proses pasteurisasi ini adalah diharapkan dapat menghilangkan bakteri pembusuk dan patogen yang ada di dalam suatu produk serta inaktivasi enzim. Seorang ahli kimia dari Perancis bernama Louis Pasteur adalah orang yang menemukan pasteurisasi. Sebuah bentuk sterilisasi menggunakan panas, proses pasteurisasi ringan memanaskan susu sampai 145°F (62°C) selama 30 menit, dan pasteurisasi standar memanaskan susu sampai suhu 161°F (72°C) selama 15 detik. Pemanasan dengan suhu sedang ini bertujuan untuk mempertahankan kualitas sensori dan menghindari pemanasan berlebihan (Estiasih, 2009). Pada prosesnya, pasteurisasi tidak mengeliminasi semua bakteri vegetatif dan sebagian besar tidak membunuh mikroba pembentuk spora. Proses pasteurisasi dapat menjadikan suatu produk memiliki umur simpan yang lebih panjang namun untuk mencapai tujuan ini, pasteurisasi harus diikuti dengan perlakuan tambahan seperti pengemasan produk secara vakum atau produk disimpan dibawah kondisi refrigerasi untuk meminimalkan terjadinya pertumbuhan mikroba.

Susu segar dapat diolah menjadi susu pasteurisasi dengan kandungan lemak antara 0% sampai dengan 3,5%. Dalam *Encyclopediabritannica* perlakuan diberikan pada susu pasteurisasi adalah dengan suhu 63°C selama 30 menit atau 72°C selama 15 detik. Suhu dan waktu yang digunakan adalah bertujuan untuk membunuh *Mycobacterium tuberculosis* dan mikroba non spora yang tahan panas serta dapat menyebabkan penyakit (Septiani dan Marimin, 2005 dalam Kinayungan, 2016).Keampuhan proses pasteurisasi dalam meningkatkan daya simpan suatu produk dapat dipengaruhi oleh beberapa hal, antara lain adalah karakteristik dari bahan pangan yang akan di pasteurisasi terutama pH produk. Sebagian besar produk yang telah di pasteurisasi mempunyai nilai pH rendah (asam) (Khomsan, 2002). Kondisi dan tujuan pasteurisasi dari beberapa produk dapat berbeda-beda yang dapat dilihat pada **Tabel 2.3**

Tabel 2.3Kondisi dan Tujuan Pasteurisasi dari beberapa Produk Pangan

Jenis Produk Pangan	Tujuan Utama Pasteurisasi	Tujuan Sampingan/ikutan	Kondisi Minimum Proses Pasteurisasi
pH < 4,5			
Sari Buah	Inaktivasi enzim (<i>pektinesterase</i> dan <i>poligalakturonase</i>)	Membunuh mikroorganisme pembusuk (kapang dan khamir)	65°C selama 30 menit; 77°C selama 1 menit 88°C selama 15 detik
Bir	Membunuh mikroorganisme pembusuk (khamir, <i>lactobacillus</i> sp.) dan sisa khamir/ragi yang ditambahkan pada proses fermentasi (<i>Saccharomyces</i> sp.)		65-68°C selama 20 menit (dalam botol) 72-75°C selama 1-4 menit pada tekanan 900-1000 kPa
pH > 4,5			
Susu	Membunuh mikroorganisme patogen (<i>Brucella abortis</i> , <i>Mycobacterium tuberculosis</i> (<i>Coxiella burnetii</i>))	Membunuh mikroorganisme pembusuk dan inaktivasi beberapa enzim	63°C selama 30 menit 71,5°C selama 15 detik
Telur cair	Membunuh	Membunuh	64,4°C selama 2,5

	mikroorganisme pathogen	mikroorganisme pembusuk	menit
	<i>Salmonella sp.</i>		60°C selama 3,5 menit
Es krim	Membunuh mikroorganisme pathogen	Membunuh mikroorganisme pembusuk	65°C selama 30 menit 71°C selama 10 menit 80°C selama 15 detik

Sumber: Fellows (2000)

Secara umum pada makanan maupun minuman yang memiliki pH tinggi ($\text{pH} > 4,5$) tujuan utama pasteurisasi adalah untuk membunuh bakteri pathogen sedangkan pada pH rendah ($\text{pH} < 4,5$) digunakan untuk inaktivasi enzim dan untuk merusak mikroorganisme pembusuk (Fellows, 2000). Pasteurisasi biasanya dilakukan pada produk yang berifat cair seperti sari buah, susu, jus buah birdan lain-lain. Ketika suhu meningkat pada diatas suhu optimum pertumbuhan mikroba, terjadi penghambatan pertumbuhan mikroba sampai mikroba *letal*. Resistensi mikroorganisme dalam produk pangan terhadap suhu sangat bervariasi. Ketahanan terhadap panas dinyatakan dengan nilai D dan Z. Destruksi termal terhadap mikroba (sel vegetatif atau spora) mengikuti persamaan logaritma. Waktu yang dibutuhkan untuk membunuh 90% mikroba dari jumlah awal disebut nilai D (Widjanarko, 2000).

2.2.1 Susu Pasteurisasi

Susu pasteurisasi atau *pasteurized milk* adalah produk susu yang diperoleh dari hasil pemanasan susu pada suhu minimum 161°F selama minimum 15 detik, kemudian langsung dikemas pada kondisi yang bersih dan tetap terjaga sanitasinya. Menurut Estiasih (2009) suhu yang digunakan dalam pasteurisasi adalah suhu sedang berkisar 60-105°C. Pemanasan suhu sedang ini bertujuan untuk mempertahankan kualitas sensori dan menjaga kandungan nutrisi pada susu. Ada beberapa bakteri yang bertahan pada suhu pasteurisasi, dalam jumlah sedikit namun dipertimbangkan tidak berbahaya dan tidak akan merusak susu selama kondisi pendinginan yang normal (Shearer, *et al.*, 1992). Susu merupakan salah satu produk yang memiliki nilai $\text{pH} > 4,5$ sehingga tujuan utama dari proses pasteurisasi susu adalah membunuh mikroorganisme pathogen (*Brucella abortis*, *Mycobacterium tuberculosis* (*Coxiella burnettii*)) dan tujuan lainnya adalah membunuh mikroorganisme pembusuk dan inaktivasi beberapa enzim sehingga daya simpannya akan meningkat.

Susu segar dapat diolah menjadi susu pasteurisasi dengan kandungan lemak antara 0% sampai dengan 3,5%. Pasteurisasi merupakan proses terpenting dalam penanganan susu. Proses pasteurisasi perlu dilakukan dengan benar sehingga membuat susu memiliki umur simpan yang lebih lama. Suhu dan waktu pasteurisasi adalah faktor penting yang harus diukur dalam menentukan kualitas dan kondisi umur simpan susu segar. Produk susu pasteurisasi jika disimpan pada suhu kamar maka akan bertahan hanya 1-2 hari namun jika disimpan pada suhu rendah maka daya simpan susu pasteurisasi dapat mencapai 1 minggu (Sarinengsih, 2009).

2.2.2 Syarat Mutu Susu Pasteurisasi SNI

Persyaratan mutu susu pasteurisasi berdasarkan Badan Standarisasi Nasional (1995) tentang Susu Pasteurisasi dapat dilihat pada **Tabel 2.4**



Tabel 2.4 Syarat Mutu Susu Pasteurisasi

No.	Karakteristik	Syarat	
		A	B
1.	Bau	Khas	Khas
2.	Rasa	Khas	Khas
3.	Warna	Khas	Khas
4.	Kadar lemak, % (bobot/bobot) min	2.80	1.50
5.	Kadar padatan tanpa lemak, % (bobot/bobot) min	7.7	7.5
6.	Uji reduktase dengan methylen biru	0	0
7.	Kadar protein, % (bobot/bobot) min	2.5	2.5
8.	Uji fosfatase	0	0
9.	T.P.C (<i>Total Plate Count</i>), ml. maks,	3×10^4	3×10^4
10.	Coliform presumptive MPH/ml, maks	10	10
11.	Logam berbahaya		
	1. As, (ppm) maks,	1	1
	2. Pb, (ppm) maks,	1	1
	3. Cu, (ppm) maks,	2	2
	4. Zn, (ppm) maks,	5	5
12.	Bahan pengawet	Sesuai dengan Peraturan Menteri Kesehatan R.I No. 235/Men. Kes/Per/IV/79	

Catatan : A = Susu pasteurisasi tanpa penyedap cita rasa
B = Susu pasteurisasi diberi penyedap cita rasa

Sumber: Standar Nasional Indonesia (1995)

Bahan baku susu untuk memproduksi susu pasteurisasi di Indonesia diperbolehkan menggunakan susu rekombinasi atau susu rekonstitusi. Hal ini dikarenakan pasokan susu segar dalam negeri masih belum mencukupi kebutuhan susu dan produk susu dalam negeri. Standart kualitas bahan baku susu berdasarkan *Total Plate Count* (TPC) dan *Somatic Cell Count* (SCC) harus dijadikan sebagai landasan kepentingan perlindungan kesehatan konsumen, bukan hanya untuk memperpanjang daya simpan dari susu (Bray, 2008). Daya simpan susu yang telah dipasteurisasi dapat diperpanjang dengan cara pendinginan secara cepat dan pendinginan pada suhu dingin yaitu 10°C atau

suhu yang lebih rendah lagi yang akan memberikan hasil lebih baik. Suhu tersebut tidak akan menyebabkan mikroba pembusuk mati tetapi mikroorganisme tersebut tidak akan mampu tumbuh dan berkembangbiak kembali. Sehingga daya simpan susu akan semakin meningkat dan layak untuk konsumsi (Winarno dan Ivone, 2007).

2.2.3 Metode Pasteurisasi

Pasteurisasi pada susu yang lazim dilakukan antara lain LTLT (*Low Temperature and Long Time*) dan HTST (*High Temperature and Short Time*) (Dwiari, 2008). Metode pasteurisasi yang dilakukan dapat mempengaruhi kandungan gizi dan aroma produk pangan. Metode HTST yang dilakukan pada susu dinilai lebih efektif dibandingkan metode LTLT karena lebih sedikit menimbulkan kerusakan pada kandungan gizi dan dapat mempertahankan karakteristik sensoris seperti rasa, aroma, warna dan tekstur pada susu. Proses pasteurisasi HTST dilakukan pada suhu minimum 72°C selama 15 detik sedangkan pasteurisasi LTLT dilakukan minimum pada suhu 63°C selama 30 menit (Codex, CAC/RCP 57-2004).

Peralatan pasteurisasi yang paling sederhana hanya menggunakan bak air panas pada suhu yang telah ditentukan. Kemudian bahan yang akan dipasteurisasi dicelupkan ke dalam air panas selama selang waktu tertentu. Jika pemanasan telah tercapai, produk diangkat dan dicelupkan ke dalam bak yang berisi air pendingin. Sistem pasteurisasi lain yang masih sering digunakan di industri susu dan bahan cair lain adalah pasteurisasi *batch*. Pasteurisasi ini dilakukan sebelum proses pengemasan. Proses ini menggunakan tangki pemanas yang terdiri dari tangki berjaket (*jacketed vat*) yang dikelilingi pemanas. Setelah mencapai suhu dan waktu yang ditentukan, produk didinginkan pada tangki yang sama atau dapat dipindahkan pada tangki yang lain (Kusnandar, 2008).

Sistem pasteurisasi sederhana dan *batch* dianggap kurang efektif dan efisien, sehingga mulai digunakan pasteurisasi kontinyu dengan alat penukar panas yang memiliki beberapa keuntungan yaitu proses dapat lebih dikontrol, membutuhkan penstabil yang lebih sedikit, menghemat waktu dan tempat serta meningkatkan kapasitas (Kusumawardhani, 2010). Pemanasan kontinyu merupakan suatu proses termal yang terdiri dari 3 tahapan utama antara lain

pemanasan, penahanan, pendinginan. Bahan dialirkan secara kontinu dengan pompa melalui sistem pindah panas (*heat exchanger*) yang dipanaskan pada suhu yang diinginkan dan dipertahankan pada lama waktu tertentu kemudian didinginkan pada lama waktu tertentu (Heppel, 2000).

Prinsip umum dari sistem kontinu adalah bahan dapat dipasteurisasi sebelum maupun sesudah dilakukan pengemasan. Pasteurisasi sebelum pengemasan biasanya dilakukan pada produk cair ataupun semi padat seperti pasta dan yogurt. Prosesnya dilakukan menggunakan alat penukar panas yang umumnya berproses secara sinambung (Hariyadi *et al.*, 2009). Keuntungan sistem kontinu dibandingkan sistem *batch* adalah laju perpindahan panas dapat dicapai dengan cepat, dapat digunakan untuk suhu proses yang lebih tinggi antara 140-150°C (sterilisasi) sedangkan pada sistem *batch* suhu maksimum yang dapat dicapai hanya 125°C. Selain itu, pemanasan dan pendinginan yang lambat pada sistem *batch* juga dapat merusak produk sebelum proses yang diinginkan tercapai.

2.3 Pengaruh Suhu dan Waktu Pasteurisasi

2.3.1 Suhu Pasteurisasi

Penggunaan suhu tinggi pada pasteurisasi akan berdampak pada kualitas produk pangan. Beberapa parameter kualitas yang akan berubah ketika menggunakan suhu yang terlalu tinggi antara lain adalah terjadinya dekomposisi dan perubahan struktur pigmen sehingga terjadi pemucatan dan penurunan stabilitas warna produk (Kusumawardhani, 2010).

2.3.2 Waktu Pasteurisasi

Waktu pasteurisasi merupakan salah satu faktor yang sangat berpengaruh pada bahan pangan terutama yang sensitif terhadap suhu tinggi. Semakin tinggi suhu pemanasan dan waktu pasteurisasi maka akan semakin besar pula kerusakan zat gizi. Pengolahan yang mengurangi waktu pengolahan dan tidak

menggunakan suhu tinggi diatas suhu mikroorganisme dalam bahan pangan akan dapat mempertahankan nilai gizi (Dewi, 2008).

2.4 Metode Pengisian (*Filling*) Susu

2.4.1 Pengisian Panas (*Hot Filling*)

Metode pengisian panas (*hot filling*) pengemasan langsung dilakukan ketika produk dalam keadaan panas yang langsung diikuti dengan penutupan kemasan, kemudian baru didinginkan (Hariadi, 2015). Pendinginan setelah proses pengemasan berfungsi untuk mempertahankan kualitas dan rasa dari produk hasil pasteurisasi. Aplikasi metode ini biasanya diterapkan pada beberapa produk kecap, saus spaghetti, selai, jelly, sirup dan *salad dressing* (G.O., 2004). Kemasan yang digunakan pada metode pengisian panas (*hot filling*) ini biasanya adalah kemasan plastik PET. Dengan metode pengisian panas (*hot filling*) maka akan mereduksi beberapa mikroorganisme lain yang mungkin masih ada. Pengisian panas (*hot filling*) jauh lebih ekonomis dan prosesnya lebih sederhana jika dibandingkan dengan teknologi aseptik.

Untuk proses pengisian panas (*hot filling*) kemasan yang digunakan harus tahan terhadap suhu panas. Oleh karena itu tidak semua botol dapat digunakan untuk proses ini, karena botol dapat melengkung (*collapse*) jika mendapat perlakuan suhu tinggi. Untuk mengatasi hal itu telah diproduksi botol tahan panas. Bagian leher adalah bagian yang paling kritis, sehingga dibuat lebih tebal dan diproses secara khusus. Bentuk dari botol untuk pengisian panas (*hot filling*) juga harus diatur sedemikian rupa dengan diberi "panel" tertentu sehingga keseluruhan botol dapat mengembang dengan baik sewaktu proses pemanasan dan menciut kembali dengan sempurna sewaktu proses pendinginan. Dengan demikian, botol untuk pengisian panas (*hot filling*) lebih rumit untuk diproduksi, lebih tebal dan lebih mahal dibandingkan dengan botol untuk produk yang disterilisasi dengan cara pasteurisasi (Anonim, 2008).

Pengisian panas (*hot filling*) memiliki beberapa kelebihan diantaranya adalah dapat memperpanjang masa simpan produk, proses yang lebih sederhana, tidak

adanya penggunaan bahan pengawet tambahan pada produk karena *hot filling* akan menyebabkan wadah produk menjadi steril dengan sendirinya

2.4.2 Pengisian Dingin (*Cold Filling*)

Pada pengisian dingin (*cold filling*) sebelum produk pasteurisasi dikemas biasanya kemasan dari produk harus disterilisasi terlebih dahulu, baik sterilisasi basah maupun kering. Sterilisasi dapat dilakukan menggunakan pembilasan dengan air panas, *hydrogen peroxide*, *hyphochlorite* atau radiasi gamma. Produk yang telah selesai dipasteurisasi kemudian dikemas kedalam wadah steril dalam keadaan tidak panas dan langsung ditutup rapat untuk menghindari adanya kontaminasi yang dapat merusak kualitas dari susu (G.O., 2004). Aplikasi pengisian dingin (*cold filling*) ini biasanya diterapkan pada produk segar seperti jus, teh, kopi dan susu. Metode pengisian dingin (*cold filling*) juga memiliki beberapa keunggulan diantaranya adalah bisa menggunakan berbagai jenis pengemas, nutrisi pada produk dapat dipertahankan, tidak mempengaruhi kualitas produk namun pada metode ini juga masih dimungkinkan terjadi kontaminasi sehingga proses pemurnian udara dan penyaringan udara merupakan salah satu komponen penting dari proses *cold filling*. Selain itu, metode ini juga memerlukan pekerja yang sudah kompeten dan berkualitas (G.O., 2004).

2.5 Penyimpanan Susu Pasteurisasi

Pada proses pasteurisasi tidak dapat mematikan semua mikroorganisme vegetatif dan hampir semua mikroba pembusuk sehingga pada produk pasteurisasi harus diikuti dengan beberapa penanganan yang benar seperti dikemas atau disimpan pada suhu rendah, penambahan pengawet, pengemas atmosfer termodifikasi, pengaturan pH, atau pengaturan aktivitas air untuk mengendalikan pertumbuhan mikroba (Kusumawardhani, 2010).

Untuk produk susu pasteurisasi juga harus diikuti dengan penanganan pasca pasteurisasi yang baik dan benar. Menurut Budiyo (2009) produk susu pasteurisasi yang dihasilkan oleh unit pengolahan susu koperasi, daya simpannya berkisar 4-6 hari (pada suhu penyimpanan 4°C). Sedangkan susu pasteurisasi harus dikemas dalam wadah tertutup dan disimpan pada suhu kurang lebih 4°C maka susu tersebut tidak akan rusak dalam waktu 7 hari (Hadiyoto, 1994) sedangkan penelitian lain juga menyebutkan jika susu pasteurisasi harus disimpan pada suhu kurang lebih 4°C maka susu tersebut tidak akan rusak dalam waktu 12 hari (Marniah, 2005).

2.6 Kerusakan Susu Pasteurisasi

Kerusakan pada susu pasteurisasi secara fisik ditandai dengan naiknya globula lemak ke permukaan, terjadinya penggumpalan dan aroma yang tidak segar sedangkan untuk kerusakan kimia ditandai dengan adanya oksidasi lemak dan *sunlight flavour* (Walstra *et al.*, 1999). Secara mikrobiologi, susu pasteurisasi dianggap rusak apabila menunjukkan penyimpangan yang melewati ambang batas parameter yang telah ditentukan (Winarno dan Jenie, 1992). Menurut Griffiths (2000) penyebab kerusakan susu pasteurisasi disebabkan adanya pertumbuhan mikroorganisme di dalam susu setelah proses pasteurisasi, aktivitas enzim *thermoresistent*, pertumbuhan mikroorganisme *thermoresistent* dan kontaminasi setelah proses pasteurisasi.



III METODE PENELITIAN

1.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari hingga April 2017 dan dilaksanakan di beberapa tempat yaitu:

- a. Balai Besar Pelatihan Peternakan (BBPP) Batu, Malang, Jawa Timur
- b. Laboratorium Mikrobiologi Pangan, Jurusan Teknologi dan Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya
- c. Laboratorium Kimia dan Biokimia Pangan, Jurusan Teknologi dan Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya
- d. Laboratorium Teknologi Pengolahan Pangan, Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya
- e. Laboratorium Ternak Perah Fakultas Peternakan, Universitas Brawijaya

1.2 Bahan dan Alat

1.2.1 Bahan Penelitian

Bahan baku utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah susu pasteurisasi yang diolah di Balai Besar Pelatihan Peternakan (BBPP) Batu, Malang, Jawa Timur dengan kemasan botol plastik PET tahan panas bervolume 250 mL dengan penyimpanan yang berbeda yaitu penyimpanan di *refrigerator* dan *freezer*. Bahan lain yang dibutuhkan antara lain PCA "Merck", BSA (*Bovine Serum Albumin*), $\text{CuSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, KTartarat, NaOH 10%, TCA (*Tri Chloroacetic Acid*) 10%, pereaksi biuret, dietil eter, H_2SO_4 90%, amyl alkohol, pepton, aquades, spiritus, larutan buffer pH 4 dan pH 7 dan alkohol 70%

1.2.2 Alat Penelitian

Alat yang dibutuhkan dalam menunjang penelitian ini antara lain adalah *Refrigerator* dan *Freezer*, *coolbox*, *laminar air flow*, *autoclave*, inkubator, pH meter Hanna HI 8424, viskosimeter elcometer RV 2300, spektrofotometer, *centrifuge*, vortex, butyrometer, penangas air, timbangan digital, cawan petri, gelas beaker, tabung reaksi, *centrifuge tube*, erlenmeyer, koloni counter, termometer, *milkcan*, *homogenizer*, pipet ukur, *bulb*, rak tabung, spatula, api bunsen, botol kemasan PET tahan panas 250 mL beserta tutupnya, panci *stainless steel*, kapas, toples plastik, pengaduk, kertas label, kertas cokelat, plastik, karet dan kain saring.

1.3 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan menggunakan 2 faktor perlakuan. Faktor 1 adalah faktor perbedaan suhu pengisian (*filling*) dan faktor 2 adalah faktor perbedaan penyimpanan susu pasteurisasi.

S_1 = Tanpa Penyimpanan (Kontrol)

S_2 = *Refrigerator* $\pm 3^\circ\text{C}$

S_3 = *Freezer* $\pm (-20^\circ\text{C})$.

T_1 = Suhu Pengisian (*Filling*) 70°C

T_2 = Suhu Pengisian (*Filling*) 60°C

T_3 = Suhu Pengisian (*Filling*) 50°C

Tanpa penyimpanan merupakan perlakuan kontrol susu pasteurisasi yang analisisnya dilakukan pada hari ke-0 sedangkan susu pasteurisasi yang disimpan di *refrigerator* maupun *freezer* merupakan susu yang dianalisa pada hari ke-5 penyimpanan. Suhu pada *refrigerator* yang digunakan adalah $\pm 3^\circ\text{C}$ dan untuk suhu *freezer* adalah $\pm (-20^\circ\text{C})$. Berikut adalah rancangan matriks hasil penelitian pengaruh perbedaan suhu penyimpanan susu pasteurisasi BBPP Batu dengan metode pengisian panas (*hot filling*) terhadap sifat fisik, kimia dan mikrobiologi selama penyimpanan yang dapat di lihat pada **Tabel 3.1**

Tabel 3.1 Rancangan Matriks Hasil Penelitian

Suhu Pengisian (Filling) (T)	Suhu Penyimpanan (S)		
	Tanpa Penyimpanan (S ₁)	Refrigerator H ₅ (S ₂)	Freezer H ₅ (S ₃)
70 °C (T ₁)	T ₁ S ₁	T ₁ S ₂	T ₁ S ₃
60 °C (T ₂)	T ₂ S ₁	T ₂ S ₂	T ₂ S ₃
50 °C (T ₃)	T ₃ S ₁	T ₃ S ₂	T ₃ S ₃

Keterangan:

T1S1 = Suhu Pengisian 70°C, Tanpa Penyimpanan

T1S2 = Suhu Pengisian 70°C, Penyimpanan *Refrigerator*T1S3 = Suhu Pengisian 70°C, Penyimpanan *Freezer*

T2S1 = Suhu Pengisian 60°C, Tanpa Penyimpanan

T2S2 = Suhu Pengisian 60°C, Penyimpanan *Refrigerator*T2S3 = Suhu Pengisian 60°C, Penyimpanan *Freezer*

T3S1 = Suhu Pengisian 50°C, Tanpa Penyimpanan

T3S2 = Suhu Pengisian 50°C, Penyimpanan *Refrigerator*T3S3 = Suhu Pengisian 50°C, Penyimpanan *Freezer*

Masing-masing perlakuan dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali. Untuk perlakuan tanpa penyimpanan merupakan perlakuan kontrol dimana ini adalah sampel susu pasteurisasi yang tidak disimpan di *refrigerator* maupun *freezer* dan langsung dilakukan analisa pada hari ke-0.

Data karakteristik fisik, kimia dan mikrobiologi yang diperoleh dari hasil penelitian dianalisa dengan uji normalitas. Jika data terdistribusi secara normal maka dilanjutkan analisa menggunakan *two way ANNOVA* pada minitab 16. Apabila dari hasil uji terdapat perbedaan maka dilanjutkan dengan uji BNT (beda nyata terkecil) atau DMRT pada selang kepercayaan 95%.

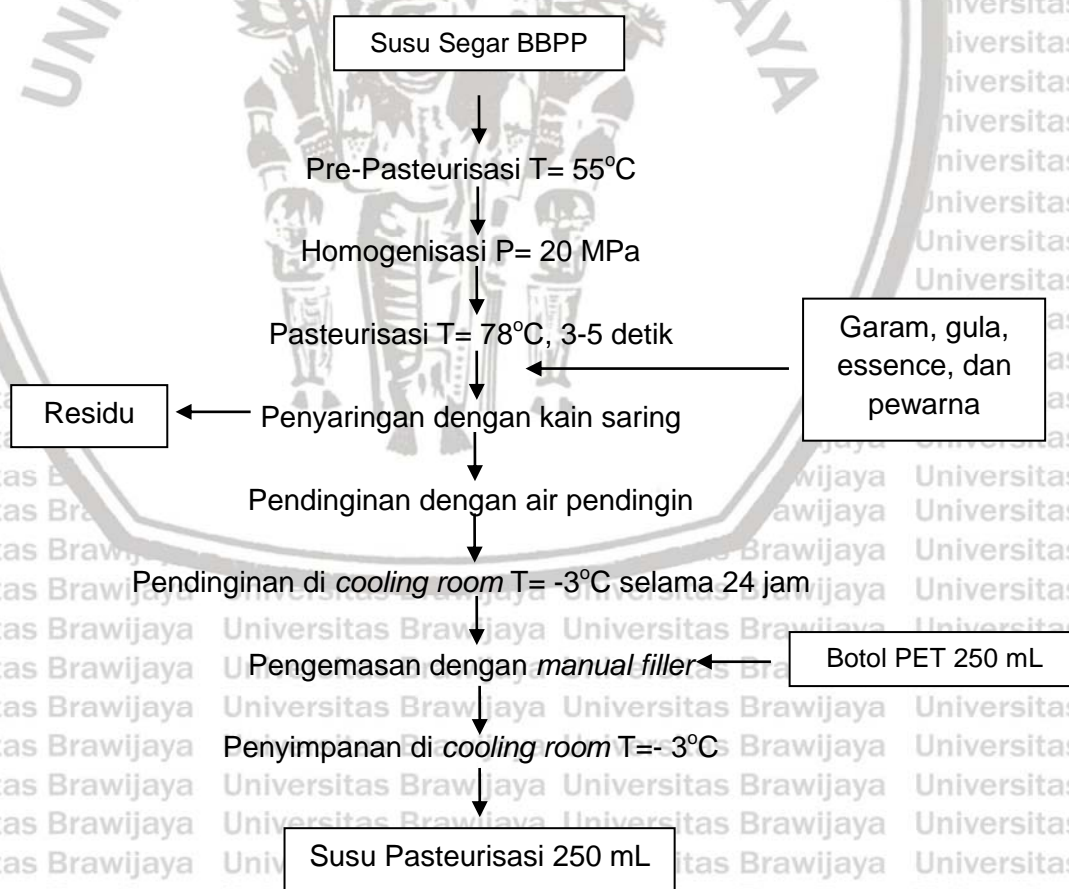
Jika data tidak terdistribusi dengan normal, maka dilanjutkan dengan analisa non-parametrik menggunakan uji Kruskal-Wallis. Apabila pada hasil uji terdapat perbedaan maka dilanjutkan dengan uji lanjut Mann-Whitney menggunakan minitab 16

Pemilihan perlakuan terbaik dilakukan analisa dengan menggunakan metode *Multiple Attribute* (Zeleny, 1982).

1.4 Prosedur Penelitian

1.4.1 Pembuatan Susu Pasteurisasi di BBPP

Bahan yang digunakan antara lain susu segar dari divisi ternak perah BBPP, garam, gula. Jika ingin membuat susu pasteurisasi dengan berbagai variasi rasa dapat ditambahkan perasa (*essence*) dan pewarna. Untuk alat-alat yang digunakan antara lain adalah botol plastik PET tahan panas ukuran 250 mL beserta tutupnya yang digunakan untuk media pengemas, kompor untuk proses pasteurisasi, *homogenizer* untuk homogenisasi susu, panci *stainless steel*, termometer untuk pengontrolan suhu, toples, pengaduk susu, sendok dan saringan. Pembuatan susu pasteurisasi di BBPP Batu saat ini menggunakan metode pengisian dingin (*cold filling*). Diagram alir pembuatan susu pasteurisasi di BBPP Batu dapat dilihat pada **Gambar 3.1**



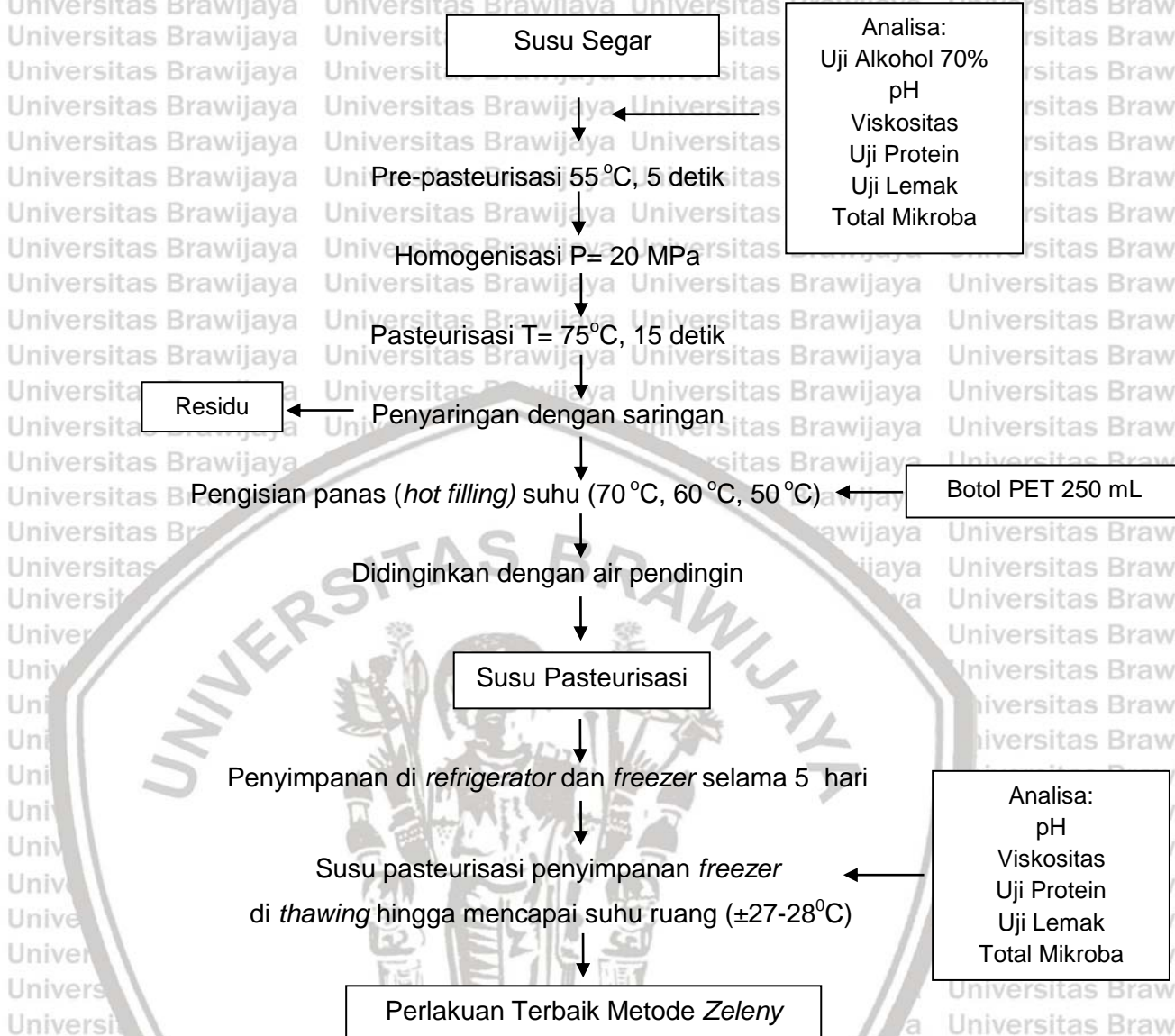
Gambar 3.1 Pembuatan Susu Pasteurisasi (BBPP, 2016)

Pembuatan susu pasteurisasi diawali dengan proses pemerahan susu yang dilakukan di Divisi Ternak Perah BBPP. Pemerahan dilakukan sebanyak dua kali dalam sehari yaitu pada pagi hari sekitar pukul 07.30-09.00 WIB dan pada sore hari sekitar pukul 14.00 WIB. Pemerahan susu dilakukan menggunakan mesin pemerah susu yang hasilnya akan langsung dialirkan melalui selang plastik kedalam wadah susu (*milkcan*) plastik. Susu hasil pemerahan disaring menggunakan kain saring untuk menyaring kotoran yang mungkin terdapat pada susu. Selanjutnya dilakukan uji alkohol. Uji alkohol dilakukan untuk menentukan kualitas susu segar dan layak tidaknya susu dilakukan pengolahan lebih lanjut. Keasaman susu akan membuat susu menjadi rusak. Bila menggunakan alkohol 70% susu mengalami penggumpalan maka uji tersebut positif dan susu telah mengalami kerusakan. Setelah pengujian, susu segar di pre-pasteurisasi pada suhu 55°C. Kemudian dilakukan homogenisasi menggunakan *homogenizer* dengan tekanan 20 MPa yang berfungsi untuk memecah atau memperkecil globula lemak pada susu. Setelah itu diikuti dengan proses pasteurisasi susu menggunakan *waterbath* pada suhu 78°C, 3-5 detik. Selama proses pasteurisasi, ditambahkan bahan lain seperti garam, gula, perasa (*essence*) dan pewarna. Setelah selesai dilakukan pasteurisasi, susu disaring menggunakan alat saring untuk menyaring kotoran-kotoran yang mungkin berasal dari susu, bahan tambahan maupun alat-alat yang digunakan selama pasteurisasi. Kemudian susu didinginkan menggunakan air mengalir yang berfungsi sebagai kejutan panas (*heat shock*) pada susu. Proses pendinginan dianggap cukup jika suhu pada bagian luar wadah susu (*milkcan*) sudah terasa hangat saat bagian punggung tangan di tempelkan. Setelah itu susu dimasukkan ke dalam ruang pendingin (*cooling room*) yang bersuhu -3°C selama sehari atau 24 jam. Setelah disimpan dalam ruang pendingin (*cooling room*), susu kemudian dikemas menggunakan pengisi manual (*manual filler*) ke dalam kemasan botol PET dengan volume 225 mL (*cool filling*). setelah proses pengemasan, susu disimpan kembali dalam *cooling room* dan selanjutnya akan di distribusikan ke outlet.

1.4.2 Pembuatan Susu Pasteurisasi Pengisian Panas (*Hot Filling*)

Pada penelitian ini digunakan jenis susu pasteurisasi *plain*. Susu segar yang diperoleh dilakukan analisa terlebih dahulu kualitasnya menggunakan uji alkohol

70% dan dilanjutkan dengan proses pre-pasteurisasi hingga mencapai suhu 55°C selama 5 detik. Jika uji alkohol positif menandakan susu mulai masam, hal ini disebabkan karena terdapat kolostrum dan kemungkinan ada penyakit (Sudarwanto, 2005). Uji alkohol ini dilakukan untuk memeriksa kualitas susu segar dan untuk menentukan layak tidaknya susu untuk dilakukan proses lebih lanjut. Selain itu, dilakukannya uji alkohol 70% disebabkan karena di BBPP juga dilakukan uji alkohol 70%. Setelah itu proses homogenisasi menggunakan *homogenizer* dengan P=20 MPa. Lalu dilanjutkan proses inti yaitu pasteurisasi pada suhu 75°C selama 15 detik. Kemudian dilakukan penyaringan untuk menyaring kotoran yang mungkin masih tersisa di susu maupun pada alat-alat yang digunakan pada proses pasteurisasi. Setelah itu, susu yang masih dalam keadaan panas (suhu 70°C, 60°C dan 50°C) langsung dilakukan pengisian metode *hot filling* ke dalam botol PET ukuran 250 mL. Susu yang sudah dikemas, direndam di dalam air dingin yang berfungsi sebagai kejutan panas (*heat shock*) hingga mencapai suhu ruang. Kemudian susu pasteurisasi di simpan dalam *refrigerator* dan *freezer* selama 5 hari. Penggunaan suhu *refrigerator* dan *freezer* ini disebabkan karena pada suhu tersebut dapat memperpanjang masa simpan dari susu pasteurisasi. Sebagian besar konsumen BBPP cenderung menyukai produk susu pasteurisasi dalam bentuk beku (*freezer*) namun pada penyimpanan *freezer* juga dapat menyebabkan terjadinya *freezing injury* susu pasteurisasi. Tahap terakhir adalah susu pasteurisasi yang telah disimpan selama 5 hari dianalisa meliputi analisa fisik, kimia dan mikrobiologi. Untuk susu penyimpanan *freezer*, sebelum dianalisa, dilakukan proses *thawing* terlebih dahulu hingga mencapai suhu ruang ($\pm 27-28^{\circ}\text{C}$). Selanjutnya dilakukan analisa perlakuan terbaik pada semua parameter menggunakan metode *Zeleny*. Diagram alir susu pasteurisasi dan menggunakan metode pengisian panas (*hot filling*) dapat dilihat pada **Gambar 3.2**



Gambar 3.2 Modifikasi Pasteurisasi Susu Pengisian Panas (*Hot Filling*) (BBPP, 2016)

1.5 Analisa Perlakuan Sampel

Analisa sampel susu segar maupun susu pasteurisasi dilakukan terhadap parameter fisik, kimia dan mikrobiologi yang meliputi uji pH, viskositas, kadar protein terlarut, kadar lemak dan total mikroba yang terlampir pada **Lampiran 1**.



IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Uji pH

Untuk analisa bahan baku yang telah dilakukan terhadap parameter pH pada susu segar dapat dilihat pada **Tabel 4.1**

Tabel 4.1 pH Susu Segar

Perlakuan	Ulangan			Jumlah	Rerata \pm SD
	I	II	III		
Susu Segar	6,49	6,43	6,48	19,4	6,47 \pm 0,03

Untuk hasil penelitian terhadap susu pasteurisasi berdasarkan parameter pH dapat dilihat pada **Tabel 4.2**

Tabel 4.2 Rerata pH Susu Pasteurisasi

Suhu Pengisian (Filling)(T)	pH		
	Tanpa Penyimpanan \pm SD (S ₁)	Refrigerator H ₅ \pm SD (S ₂)	Freezer H ₅ \pm SD (S ₃)
70 °C (T₁)	6,53 \pm 0,02	6,50 \pm 0,01	6,52 \pm 0,02
60 °C (T₂)	6,53 \pm 0,02	6,51 \pm 0,01	6,52 \pm 0,01
50 °C (T₃)	6,53 \pm 0,01	6,50 \pm 0,02	6,53 \pm 0,01

Keterangan: 1. Data yang diperoleh merupakan rata-rata dari 3 ulangan

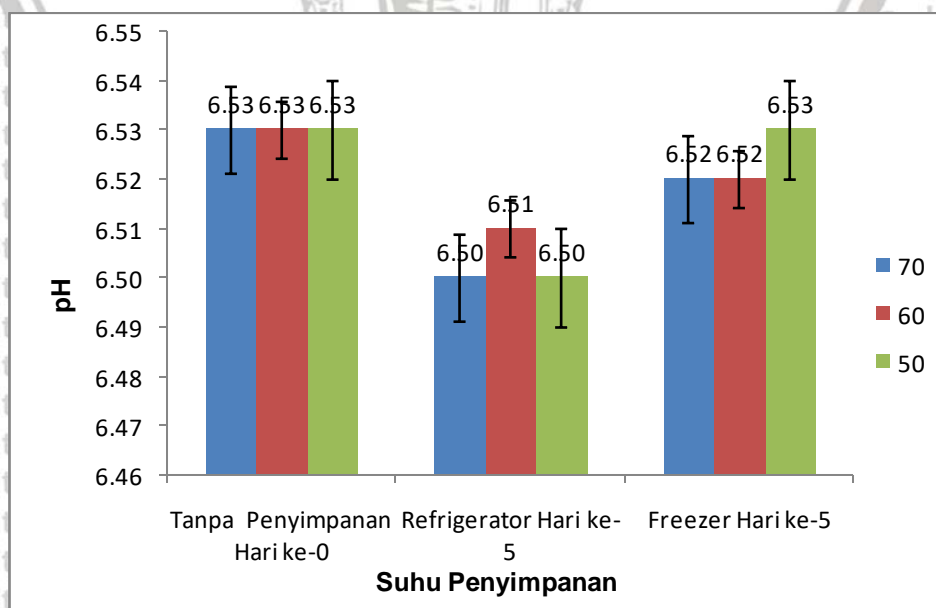
2. H₅ merupakan analisa yang dilakukan pada hari ke-5

Berdasarkan Tabel 4.2 dapat diketahui bahwa rata-rata nilai pH susu pasteurisasi memiliki nilai pH yang cenderung lebih tinggi jika dibandingkan dengan susu segar dengan nilai pH 6,47. Hal ini diduga karena proses pasteurisasi hanya dapat membunuh sebagian mikroorganisme pembusuk maupun patogen yang ada pada susu segar. Proses pasteurisasi adalah proses yang bertujuan untuk mengeliminasi patogen spesifik atau patogen yang berhubungan dengan produk dan mengeliminasi mikroorganisme pembusuk

serta dapat menekan jumlah bakteri yang terdapat di dalam susu (Adam dan Moss, 2008). Hasil penelitian yang dilakukan sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Sugitha dan Djalil (2010) yang menyatakan bahwa susu sapi segar memiliki pH antara 6,4-6,8 yang menggambarkan bahwa susu sapi segar memiliki pH yang cenderung normal. Soejoedono (1999) menyatakan bahwa pH normal susu segar dikarenakan adanya kasein, buffer, fosfat dan sitrat, secara terbatas karena adanya albumin, globulin dan CO_2 . Kenaikan atau penurunan pH dapat disebabkan karena adanya hasil konversi dari laktosa menjadi asam laktat oleh mikroorganisme dan aktivitas enzimatik (Manik, 2006).

Berdasarkan analisa normalitas menggunakan metode Kolmogorov Smirnov (**Lampiran 4**) menunjukkan bahwa data pH susu pasteurisasi tidak terdistribusi dengan normal sehingga dilakukan analisa data non parametrik (Kruskal Wallis). Berdasarkan analisa menggunakan Kruskal Wallis (**Lampiran 4**) diperoleh hasil bahwa terdapat pengaruh perlakuan suhu penyimpanan terhadap pH susu pasteurisasi ($P \text{ Value} < 0,05$).

Berdasarkan data pada Tabel 4.2 rerata pH susu pasteurisasi yang disimpan di *refrigerator* yaitu $T_1=6,50$, $T_2=6,51$ dan $T_3=6,50$ maupun yang disimpan di *freezer* yaitu $T_1=6,52$, $T_2=6,52$ dan $T_3=6,53$ tidak terlalu banyak perbedaan. Dari tabel juga ditunjukkan bahwa nilai pH dari susu semakin rendah seiring bertambahnya waktu penyimpanan. Perlakuan suhu penyimpanan terhadap pH susu pasteurisasi dari 3 ulangan juga dapat dilihat pada **Gambar 4.1**



Gambar 4.1 Rerata pH Susu Pasteurisasi

Berdasarkan Grafik 4.1 dapat dilihat bahwa perbedaan suhu penyimpanan dapat mempengaruhi nilai pH susu pasteurisasi. Hal tersebut dapat dilihat pada grafik bahwa rerata sampel susu pasteurisasi yang disimpan di *refrigerator* memiliki nilai pH yang lebih rendah jika dibandingkan dengan penyimpanan *freezer*. Hal ini diduga karena suhu *freezer* lebih rendah jika dibandingkan suhu *refrigerator* sehingga metabolisme mikroba yang masih berada dalam susu pasteurisasi lebih dapat diminimalkan. Hal ini sudah sesuai dengan literatur yang menyebutkan bahwa pada suhu *freezer* mikroba tidak mengalami pertumbuhan karena air bebas yang ada diubah menjadi kristal es sehingga mikroba tidak bisa menggunakan air bebas tersebut untuk aktivitasnya (Agritama, 2013). Hal ini akan berpengaruh terhadap jumlah mikroorganisme yang terdapat pada susu pasteurisasi, dimana jumlah mikroorganisme pada penyimpanan *freezer* lebih sedikit dibandingkan dengan *refrigerator*. Semakin banyak jumlah bakteri dalam susu, maka hasil aktifitas dari bakteri akan semakin banyak (Mustajib, 2010).

Berdasarkan uji lanjut Mann-Whitney (**Lampiran 4**) diperoleh hasil bahwa susu pasteurisasi tanpa penyimpanan berbeda signifikan dengan susu penyimpanan *refrigerator* maupun *freezer* (P Value $< 0,05$). Penyimpanan *refrigerator* maupun *freezer* memiliki nilai pH lebih rendah dibandingkan tanpa penyimpanan. Hal ini disebabkan karena semakin lama waktu penyimpanan maka semakin tinggi tingkat keasaman dari susu pasteurisasi. Hal tersebut terjadi disebabkan karena adanya aktivitas bakteri pembusuk asam laktat seperti *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus lactic*, dan *Lactobacillus thermophilus* (Suhendar, 1993). Selama penyimpanan bakteri pembusuk ini akan mengubah laktosa menjadi asam laktat yang akan menyebabkan sampel menjadi asam dan pH menjadi menurun.

Selain itu bakteri asam laktat dalam susu juga akan menghasilkan asam laktat sehingga akan terjadi peningkatan keasaman sehingga pH susu akan turun (Winarno *et al*, 1981). Sehingga tingkat keasaman berbanding terbalik dengan nilai pH suatu bahan pangan. Menurut penelitian yang dilakukan Elrahman *et al*. (2013) tingkat keasaman susu pasteurisasi yang disimpan pada suhu 5°C adalah 0,141% dan memiliki nilai pH 7,06. Winarno (1998) menambahkan bahwa nilai pH pada bahan pangan mempengaruhi keaktifan enzim dan aktivitas mikroorganisme, sehingga pH dapat digunakan sebagai acuan untuk

menentukan tingkat kerusakan bahan pangan. Masih adanya mikroba susu pasteurisasi disebabkan karena proses pasteurisasi hanya mengeliminasi sebagian mikroorganisme pada susu sedangkan untuk mikroba yang tahan terhadap suhu tinggi seperti *Enterococcus*, *Streptococcus*, *Thermophilus* dan *Lactobacillus* masih dapat tumbuh dan menyebabkan fermentasi asam laktat.

4.2 Uji Viskositas

Data hasil penelitian viskositas dari susu segar dan susu pasteurisasi dapat dilihat pada **Tabel 4.4** dan **Tabel 4.5**

Tabel 4.3 Viskositas Susu Segar

Perlakuan	Ulangan (cP)			Jumlah (cP)	Rerata (cP) ± SD
	I	II	III		
Susu Segar	4	5	4	13	4 ± 0,02

Tabel 4.4 Rerata Viskositas Susu Pasteurisasi

Suhu Pengisian (Filling) (T)	Viskositas (cP)		
	Tanpa Penyimpanan ± SD (S ₁)	Refrigerator H ₅ ± SD (S ₂)	Freezer H ₅ ± SD (S ₃)
70 °C (T ₁)	4 ± 1	5 ± 1	4 ± 1
60 °C (T ₂)	4 ± 1	4 ± 1	4 ± 1
50 °C (T ₃)	4 ± 1	4 ± 1	4 ± 0

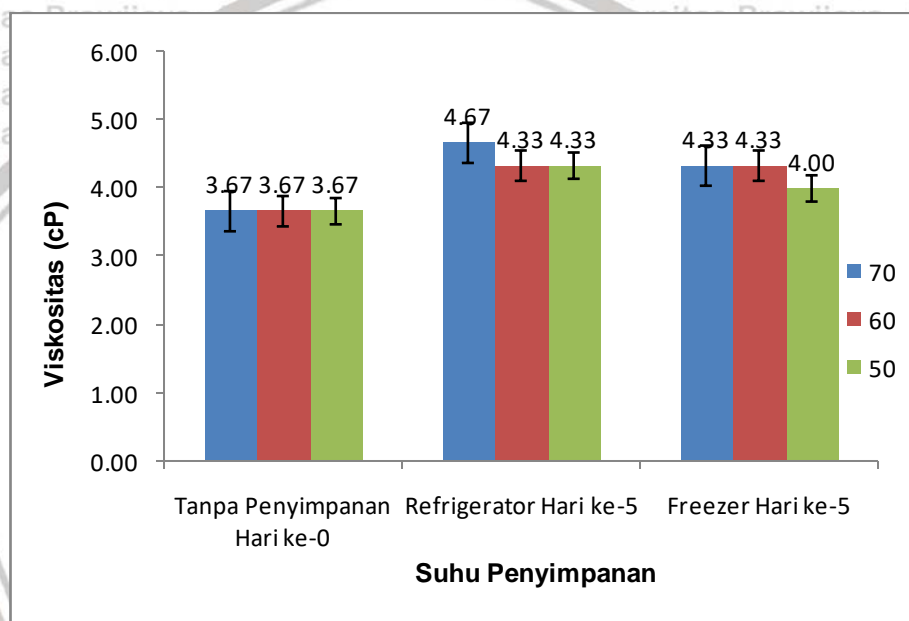
Keterangan: 1. Data yang diperoleh merupakan rata-rata dari 3 ulangan

2. H₅ merupakan analisa yang dilakukan pada hari ke-5

Berdasarkan Tabel 4.6 diketahui bahwa rerata viskositas susu pasteurisasi tanpa penyimpanan di semua suhu pengisian (*filling*) memiliki nilai yang sama yaitu 4 cP (3,67 cP). Viskositas tersebut cenderung lebih rendah jika dibandingkan dengan viskositas susu segar yaitu 4 cP (4,33 cP). Hasil tersebut sejalan dengan literatur yang menyebutkan bahwa viskositas susu segar akan menurun ketika diberikan perlakuan panas ketika proses pasteurisasi (Muchtadi dan Sugiyono, 2010). Susu yang dilakukan proses pengadukan cukup lama akan menyebabkan viskositasnya menurun. Pasteurisasi merupakan proses pengolahan susu menggunakan panas sehingga akan mempengaruhi viskositas.

Pemanasan dapat menyebabkan molekul-molekul memperoleh energi. Energi tersebut akan digunakan oleh molekul cairan untuk bergerak sehingga gaya interaksi antar molekul melemah sehingga viskositas cairan akan turun dengan kenaikan temperatur (Rao, 2003).

Rataan viskositas susu pasteurisasi memiliki rentang nilai antara 4-5 cP. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Hasil Warkoyo dan Hudayatmoko (2007) yang menyatakan bahwa produk susu pasteurisasi dipasaran memiliki nilai 4 cP. Data hasil uji viskositas susu pasteurisasi dapat dilihat pada **Gambar 4.2**



Gambar 4.2 Rerata Viskositas Pasteurisasi

Berdasarkan Gambar 4.2 dapat dilihat bahwa nilai rerata viskositas tertinggi terdapat pada sampel yang disimpan pada *refrigerator* dan *freezer*. Hal ini terjadi karena suhu *refrigerator* dan *freezer* memiliki suhu rendah jika dibandingkan dengan suhu kontrol (tanpa penyimpanan). Suhu rendah akan menyebabkan kenaikan viskositas susu, hal ini disebabkan karena terjadi *clumping* (gumpalan) dari globula globula lemak (Array, 2008). Kesmavet (2008) menambahkan bahwa pada suhu tinggi kekentalan dari air susu akan berkurang sedangkan pada suhu rendah kekentalannya akan meningkat (Michal, 2010).

Analisa normalitas menggunakan metode Kolmogorov Smirnov (**Lampiran 5**) menunjukkan bahwa data viskositas susu pasteurisasi ini tidak terdistribusi

dengan normal sehingga dilakukan analisa data non parametrik (Kruskal Wallis). Berdasarkan analisa menggunakan Kruskal Wallis (**Lampiran 5**) diperoleh hasil bahwa terdapat pengaruh perlakuan suhu penyimpanan terhadap viskositas susu pasteurisasi ($P \text{ Value} < 0,05$).

Berdasarkan uji lanjut Mann-Whitney terhadap parameter suhu penyimpanan diperoleh hasil bahwa susu pasteurisasi tanpa penyimpanan berbeda signifikan dengan penyimpanan *refrigerator* sedangkan penyimpanan *refrigerator* berbeda signifikan dengan *freezer* (**Lampiran 5**).

Pada suhu dingin susu pasteurisasi mengalami *clumping* (gumpalan) dari globula-globula lemak. Penurunan temperatur pada susu akan menyebabkan penggumpalan pada lemak (Saleh, 2004). Mas'ud (2012) juga menambahkan bahwa penurunan suhu menyebabkan konsistensi lemak susu menjadi padat. Berat jenis lemak yang padat lebih berat dibandingkan dengan berat jenis lemak cair sehingga susu pasteurisasi pada penyimpanan dingin memiliki berat jenis yang lebih tinggi sehingga viskositasnya juga meningkat. Selain suhu penyimpanan, faktor lain yang menyebabkan adanya perbedaan viskositas adalah lama penyimpanan, dimana susu pasteurisasi pada suhu dingin (*refrigerator* dan *freezer*) yang disimpan selama 5 hari cenderung memiliki viskositas yang lebih tinggi dibandingkan susu pasteurisasi tanpa penyimpanan (kontrol). Umumnya protein pada susu akan menurun seiring dengan waktu penyimpanan karena terjadi proses fermentasi susu oleh mikroba pembusuk sehingga susu mengalami denaturasi. Denaturasi karena terjadinya fermentasi menyebabkan protein menjadi terkoagulasi dan menggumpal (Ophart 2013). Seiring bertambahnya waktu penyimpanan pertumbuhan mikroba pada susu pasteurisasi semakin banyak. Hal ini dibuktikan pada penelitian bahwa pada penyimpanan hari ke-5 pertumbuhan mikroorganisme semakin banyak (**Lampiran 3**). Protein yang terkoagulasi dan menggumpal menyebabkan berat jenis dari susu pasteurisasi meningkat yang akan berdampak pula pada meningkatnya viskositas susu. Susu pasteurisasi yang disimpan pada suhu 5°C memiliki berat jenis 1,028 g/mL (Elrahman *et al.*, 2013). Menurut Heryansyah (2011) berat jenis berbanding lurus dengan viskositas, dimana semakin tinggi berat jenis susu maka viskositasnya juga akan meningkat. Wahyudi dan Samsundari (2008) juga menyatakan bahwa terbentuknya asam laktat oleh bakteri asam laktat seiring dengan meningkatnya lama waktu penyimpanan menyebabkan peningkatan total asam sehingga kasein mengalami koagulasi

pembentuk gel. Terbentuknya gel menyebabkan tekstur menjadi semi padat sehingga viskositasnya meningkat.

4.3 Uji Protein Terlarut

Analisa protein terlarut susu pasteurisasi menggunakan metode biuret. Hasil protein terlarut susu segar dan susu pasteurisasi dapat dilihat pada **Tabel 4.7** dan **Tabel 4.8**

Tabel 4.5 Protein Terlarut (%) Susu Segar

Perlakuan	Ulangan (%)			Jumlah (%)	Rerata (%) \pm SD
	I	II	III		
Susu Segar	0,64	0,75	0,71	2,10	0,70 \pm 0,06

Berdasarkan Tabel 4.7 terlihat bahwa rerata protein terlarut susu segar adalah 0,70%. Protein terlarut adalah suatu oligopeptida atau asam-asam amino yang mudah diserap oleh sistem pencernaan sedangkan protein total merupakan pengukuran kandungan nitrogen (N) dalam sampel (Purwoko, 2006). Menurut Winarno (1993) kadar protein total susu sapi segar sekitar 3,5% dan menurut Soeharsono (1996) antara 1,5-4%. Kandungan protein yang terdapat pada susu dipengaruhi oleh beberapa faktor, salah satunya adalah faktor jenis pakan yang diberikan. Balai Besar Pelatihan Peternakan Batu, Malang menggunakan kombinasi jenis pakan hijauan (rumput lapang) dan konsentrat. Menurut penelitian yang dilakukan Sukarini (2006) menyebutkan bahwa melakukan kombinasi pakan hijauan dan konsentrat pada pakan ternak akan mampu menghasilkan kadar protein susu yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan yang tidak diberikan perlakuan kombinasi pakan.

Tabel 4.6 Rerata % Protein Terlarut Susu Pasteurisasi

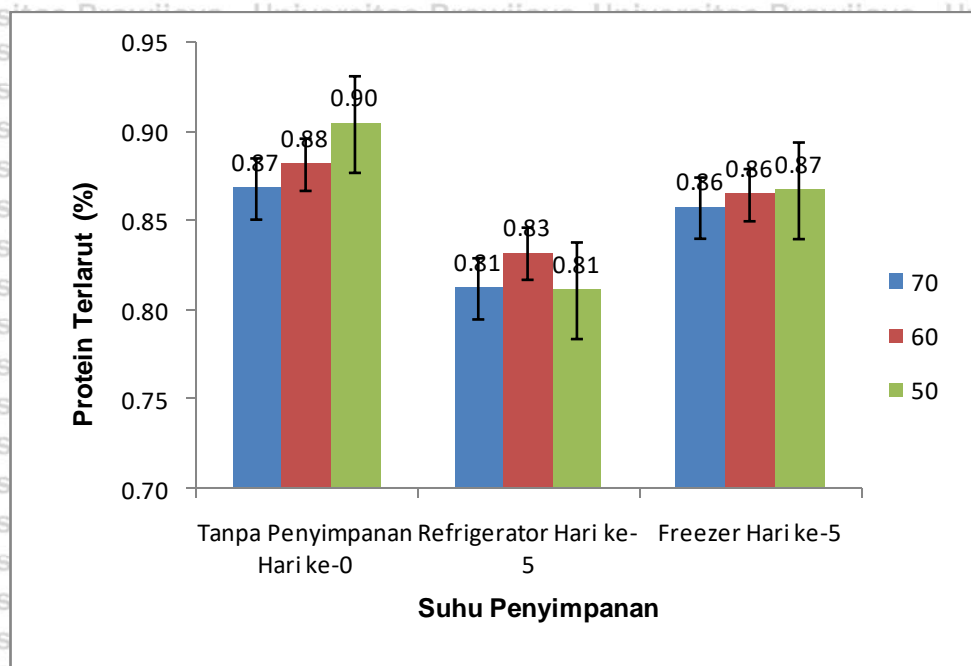
Suhu Pengisian (Filling)(T)	Protein Terlarut (%)		
	Tanpa Penyimpanan \pm SD (S ₁)	Refrigerator H ₅ \pm SD (S ₂)	Freezer H ₅ \pm SD (S ₃)
70 °C (T ₁)	0,87 \pm 0,02	0,81 \pm 0,02	0,86 \pm 0,03

60 °C (T_2)	0,88±0,02	0,83±0,06	0,86 ±0,02
50 °C (T_3)	0,90±0,02	0,81±0,02	0,87±0,02

Keterangan: 1. Data yang diperoleh merupakan rata-rata dari 3 ulangan

2. H_5 merupakan analisa yang dilakukan pada hari ke-5

Rerata kadar protein terlarut susu pasteurisasi memiliki nilai tertinggi 0,90% dan nilai terendah 0,81%. Berdasarkan data tersebut juga dapat dilihat bahwa terjadi peningkatan kadar protein terlarut dari susu segar dan setelah dilakukan proses pasteurisasi. Rerata kadar protein susu segar sekitar 0,70% sedangkan rerata untuk susu pasteurisasi berkisar antara 0,81-0,90%. Menurut (Ophart, 2003) menyatakan bahwa suhu panas dapat digunakan untuk merusak ikatan hidrogen dan interaksi hidrofilik non polar. Hal ini terjadi karena suhu tinggi dapat meningkatkan energi kinetik dan menyebabkan molekul penyusun protein bergerak atau bergetar sangat cepat sehingga mengacaukan ikatan molekul tersebut. Ophart (2003) lebih lanjut menjelaskan bahwa pemanasan dapat mendenaturasi protein yang ada pada bahan pangan sehingga kemampuan dalam mengikat air menurun. Hal ini terjadi karena energi panas akan mengakibatkan terputusnya interaksi non kovalen yang ada pada struktur alami protein tetapi tidak memutus ikatan kovalen yang berupa ikatan peptida. Sehingga proses pemanasan dapat menurunkan kadar protein total dan meningkatkan kadar protein terlarut. Hasil analisa ragam (**Lampiran 6**) menunjukkan bahwa perbedaan suhu penyimpanan berpengaruh nyata ($\alpha=0,05$) terhadap kadar protein terlarut susu pasteurisasi. Kadar protein terlarut susu pasteurisasi dari 3 ulangan dapat dilihat pada **Gambar 4.3**



Gambar 4.3 Rerata Kadar Protein Terlarut Susu Pasteurisasi

Berdasarkan Gambar 4.3 dapat dilihat bahwa rerata kadar protein terlarut tertinggi terdapat pada sampel susu pasteurisasi tanpa penyimpanan sedangkan sampel yang disimpan di suhu dingin (*refrigerator* dan *freezer*) memiliki kadar protein yang lebih rendah. Hal ini disebabkan karena kadar protein menurun seiring dengan bertambahnya waktu penyimpanan. Hal ini sejalan dengan pernyataan Schroeder (2012) yang menyatakan presentase protein susu umumnya menurun seiring dengan lamanya waktu simpan. Hadiwiyoto (1994) juga menambahkan bahwa penyimpanan susu dalam waktu lama memberikan peluang besar untuk mempercepat pertumbuhan mikroba sehingga mengakibatkan penurunan kadar protein susu. Semakin lama susu disimpan maka semakin meningkat keasamannya dan pH akan semakin menurun dikarenakan terjadi proses fermentasi susu oleh mikroorganisme. Susu yang asam akan menyebabkan denaturasi protein yang dapat menyebabkan degradasi protein. Denaturasi protein menyebabkan protein kehilangan fungsinya sehingga protein berkurang seiring dengan lama waktu penyimpanan (Tetrian et al., 2008).

Uji BNT perlakuan suhu penyimpanan terhadap kadar protein terlarut susu pasteurisasi dapat dilihat pada **Tabel 4.9**

Tabel 4.7 Nilai BNT Susu Pasteurisasi

Penyimpanan	Rerata (%)	Nota si	BNT (5%)
Tanpa Penyimpanan	0,88	a	
Refrigerator	0,82	b	0,03
Freezer	0,86	a	

Keterangan: 1. Data yang diperoleh merupakan rata-rata dari 3 ulangan

2. Huruf yang berbeda menunjukkan pengaruh yang berbeda nyata pada selang kepercayaan 95% ($\alpha = 0,05$)

Protein terlarut susu pasteurisasi tanpa penyimpanan berbeda nyata dengan penyimpanan *refrigerator* sedangkan penyimpanan *freezer* berbeda nyata dengan penyimpanan di *refrigerator*. Perbedaan ini disebabkan karena seiring dengan bertambahnya waktu penyimpanan, kadar protein dalam susu akan menurun akibat adanya proses denaturasi. Untuk perbedaan antara suhu *refrigerator* dan *freezer* disebabkan karena penyimpanan di *freezer* memiliki suhu yang lebih rendah dan berhubungan dengan aktivitas mikroorganisme dalam susu pasteurisasi. Pada suhu rendah, aktivitas metabolisme dari mikroorganisme dapat dihambat sehingga penurunan kadar protein sampel penyimpanan *freezer* dapat diminimalkan. Hal ini sejalan dengan pendapat Ophart (2013) yang menyebutkan bahwa denaturasi terjadi karena adanya susu yang asam akibat dari metabolisme mikroba seiring dengan penyimpanan susu dalam waktu yang lamasehingga protein menjadi terkoagulasi dan menggumpal. Gumpalan pada susu terjadi karena reaksi proteolisis yang dipengaruhi oleh suhu rendah, inaktivasi bakteri pembentuk asam oleh panas, pemecahan asam yang terbentuk pada susu oleh kapang dan khamir atau netralisasi asam oleh produk mikroba lainnya (Heryansyah 2011). Proteolisis merupakan pengerutan gumpalan susu dan pengeluaran *whey* yang berlebihan yang diikuti dengan pemecahan gumpalan susu sehingga penampakannya berubah dari keruh menjadi bening. Proses proteolisis ini menjadi unsur atau substansi yang dimanfaatkan oleh mikroorganisme sebagai energi. Pada mekanisme perubahan ini akan dihasilkan air yang secara otomatis akan menyebabkan konsentrasi protein menurun. Bakteri yang mempunyai sifat proteolitik aktif adalah *Micrococcus*, *Alcaligenes*, *Pseudomonas*, *Flavobacterium*, *Serratia* dan bakteri pembentuk spora seperti *Bacillus* dan *Clostridium*.

4.4 Uji Lemak

Berdasarkan analisa normalitas menggunakan metode Kolmogorov Smirnov (**Lampiran 7**) menunjukkan bahwa data kadar lemak susu pasteurisasi ini tidak terdistribusi dengan normal sehingga dilakukan analisa data non parametrik (Kruskal Wallis). Berdasarkan analisa menggunakan Kruskal Wallis (**Lampiran 7**) diperoleh hasil bahwa terdapat pengaruh perlakuan suhu penyimpanan terhadap kadar lemak susu pasteurisasi ($P \text{ Value} < 0,05$). Data hasil lemak susu segar dan susu pasteurisasi dapat dilihat pada **Tabel 4.10** dan **Tabel 4.11**

Tabel 4.8 Lemak (%) Susu Segar

Perlakuan	Ulangan (%)			Jumlah (cP)	Rerata (cP) \pm SD
	I	II	III		
Susu Segar	4,1	3,9	3,9	11,9	3,97 \pm 0,12

Berdasarkan Tabel 4.8 terlihat bahwa rata-rata lemak susu segar adalah 3,97%. Standar Nasional Indonesia mensyaratkan persentase kadar lemak dalam susu sapi segar minimal adalah 3,0% (SNI, 2011). Jika dibandingkan dengan hasil penelitian yang dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa kadar lemak susu segar Balai Besar Pelatihan Peternakan telah memenuhi standar yang ditetapkan oleh pemerintah.

Menurut Muchtadi dan Sugiyono (2010) kadar lemak yang terdapat dalam susu dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu: 1) Pakan ternak yaitu kadar lemak rendah yang terkandung dalam bahan akan mempengaruhi kadar lemak susu yang dihasilkan; 2) Pengaruh iklim yaitu pada musim dingin kadar lemak susu yang dihasilkan lebih tinggi; 3) Waktu laktasi dan prosedur pemerahan dimana sapi perah yang baru melahirkan akan mempunyai kadar lemak susu yang tinggi, akan tetapi dengan meningkatnya produksi susu sampai dengan sekitar 6-8 minggu laktasi, kadar lemak susu akan mengalami penurunan dan akan meningkat kembali pada akhir laktasi (0,5-1,5%) 4) Umur ternak dimana semakin tua umur ternak maka kadar lemak yang dihasilkan semakin rendah. Produksi susu sapi perah umumnya mencapai puncak tertinggi pada umur sekitar 6-8 tahun sehingga sejak umur laktasi pertama sampai dengan laktasi berikutnya pada umur 6-8 tahun produksi susu akan mengalami peningkatan dan setelah umur tersebut akan mulai mengalami penurunan; 5) Waktu pemerahan

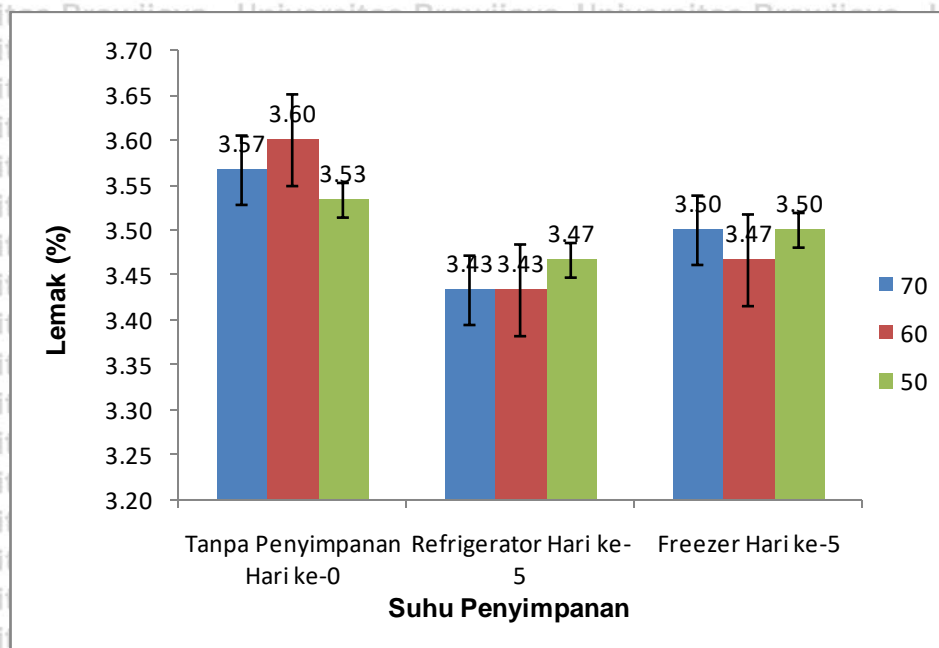
yang berbeda akan menghasilkan kadar lemak yang berbeda pula dimana pemerahan pada pagi akan menghasilkan lemak yang lebih tinggi dibandingkan pada pemerahan sore hari.

Tabel 4.9 Rerata Lemak (%) Susu Pasteurisasi

Suhu Pengisian (Filling)(T)	Lemak (%)		
	Tanpa Penyimpanan ± SD (S ₁)	Refrigerator H ₅ ± SD (S ₂)	Freezer H ₅ ± SD (S ₃)
70 °C (T ₁)	3,6±0,1	3,4±0,1	3,5±0,0
60 °C (T ₂)	3,6±0,2	3,4±0,1	3,5±0,1
50 °C (T ₃)	3,5±0,1	3,5±0,1	3,5±0,1

Keterangan: 1. Data yang diperoleh merupakan rata-rata dari 3 ulangan
2. H₅ merupakan analisa yang dilakukan pada hari ke-5

Berdasarkan penelitian diperoleh hasil kadar lemak susu pasteurisasi mengalami penurunan dari susu segar. Kadar lemak susu pasteurisasi tanpa penyimpanan pada suhu *filling* 70, 60, dan 50°C secara berturut-turut adalah 3,6; 3,6 dan 3,5%. Penurunan kadar lemak susu segar setelah dilakukan pasteurisasi tidak terlalu signifikan. Hal ini terjadi karena perlakuan panas (pasteurisasi) tidak memiliki dampak yang besar terhadap kadar lemak. Pemanasan komersial, seperti pasteurisasi susu tidak mempengaruhi lemak susu (Claeys *et al.*, 2012). Berdasarkan uji lanjut Mann-Whitney terhadap parameter suhu penyimpanan diperoleh hasil bahwa susu pasteurisasi tanpa penyimpanan berbeda signifikan dengan penyimpanan *refrigerator* (Lampiran 7). Kadar lemak susu pasteurisasi dapat dilihat pada **Gambar 4.4**



Gambar 4.4 Rerata Kadar Lemak Susu Pasteurisasi

Berdasarkan Gambar 4.4 susu pasteurisasi yang disimpan pada suhu *refrigerator* dan *freezer* memiliki kadar lemak lebih rendah dibandingkan tanpa penyimpanan.

Rerata kadar lemak susu pasteurisasi di *refrigerator* menggunakan suhu *filling* 70, 60, dan 50°C secara berturut-turut adalah 3,4;3,4 dan 3,5% sedangkan pada suhu *freezer* rata-rata kadar lemaknya sama yaitu 3,5%. Kadar lemak susu pasteurisasi yang disimpan pada suhu 5°C yaitu sekitar 3,3% (Elrahman, 2013).

Penurunan kadar lemak dari susu pasteurisasi tanpa penyimpanan disebabkan karena semakin lama waktu penyimpanan akan mengakibatkan kandungan lemak susu pasteurisasi semakin menurun. Lemak yang ada pada susu akan semakin banyak yang terhidrolisis akibat adanya enzim lipase yang dihasilkan oleh bakteri asam laktat yang akan menyebabkan penurunan kadar lemak pada susu pasteurisasi (Hastorini, 2011). Kadar lemak susu tergantung dari genetik, pakan, cara pemeliharaan, iklim, masa laktasi dan kesehatan hewan (Fitriyanto *et al.*, 2013). Lemak susu merupakan trigliserida campuran dari asam lemak jenuh dan asam lemak tak jenuh. Pada lemak susu sering terjadi kerusakan, misalnya ketengikan yang disebabkan enzim lipase yang dihasilkan oleh pertumbuhan mikroorganisme dalam susu pasteurisasi. Pertumbuhan mikroorganisme dalam susu pasteurisasi menyebabkan penurunan mutu susu seperti penggumpalan susu yang disebabkan aktivitas bakteri *Bacillus cereus*.

Bakteri ini dapat menghasilkan enzim yang mencerna lapisan tipis fosfolipid di sekitar butir-butir lemak sehingga menyebabkan terbentuknya gumpalan di permukaan susu dan beberapa bakteri dari genus *Pseudomonas* dan *Enterobacteriaceae* (Lund *et al.*, 2000).

Selain disebabkan karena adanya hidrolisis, penurunan kadar lemak juga disebabkan karena kadar lemak yang terkandung dalam susu pasteurisasi berubah menjadi flavor dan energi yang digunakan oleh bakteri patogen selama penyimpanan. Terbentuknya flavor disebabkan karena adanya reaksi lipolisis. Lipolisis adalah proses penguraian lemak menjadi asam lemak bebas oleh enzim lipase dalam susu. Lemak susu mengalami hidrolisis oleh enzim lipase dan esterase menghasilkan asam lemak bebas, digliserida, monogliserida dan gliserol. Asam lemak bebas berkontribusi terhadap aroma yang dihasilkan. Selain reaksi hidrolisis, terdapat juga reaksi oksidasi yang menyebabkan aroma tengik (Salles *et al.*, 2002).

Lemak susu pasteurisasi tanpa penyimpanan berbeda nyata dengan lemak susu pasteurisasi pada penyimpanan *refrigerator*. Perbedaan ini disebabkan karena seiring dengan bertambahnya waktu penyimpanan, kadar lemak dalam susu akan semakin menurun. Pada suhu rendah, aktivitas metabolisme dari mikroorganisme dapat dihambat. Kadar lemak penyimpanan di *freezer* seharusnya lebih tinggi jika dibandingkan dengan penyimpanan *refrigerator*. Hal ini disebabkan karena pada susu beku dilakukan proses *thawing* yang akan menyebabkan perubahan kecil pada komponen nutrisi penting. Selain itu, sistem emulsi dapat mengalami destabilisasi selama pembekuan (Estiasih dan Ahmadi, 2009). Namun berdasarkan hasil penelitian diperoleh hasil bahwa kadar lemak susu penyimpanan *freezer* lebih tinggi. Hal ini diduga disebabkan karena proses *thawing* dilakukan dengan cepat sehingga terjadinya degradasi nutrisi pada susu dapat diminimalkan.

Metabolisme mikroba yang dapat dihambat pada penyimpanan dingin akan aktif kembali ketika dilakukan *thawing*. Resistensi mikroorganisme terhadap suhu rendah bergantung pada membran sitoplasma. Penurunan suhu menyebabkan terjadinya perubahan pada membran lipid mikroba (Los dan Murata, 2004). Di suhu rendah akan terjadi konversiasam lemakjenuhmenjadi asam lemaktak jenuholeh enzimdesaturase, sintesispreferensiasam lemakrantai pendek, asamlemak rantai bercabangdan asamlemakanteiso menjadi asam lemak rantai panjang danasam lemakrantai lurus(Chattopadhyay danJagannadham2001).

Berdasarkan literatur tersebut kadar lemak *freezer* lebih tinggi diduga karena asam-asam lemak pada mikroba juga terhitung pada analisa. Analisa kadar lemak pada penelitian menggunakan metode gerber yang dapat menghitung semua lemak yang ada pada susu kecuali fosfolipid karena berada di fase air atau di fase antara lemak dan air. Hasil kadar lemak dari semua sampel masih memenuhi standar minimal yang ditetapkan pemerintah yaitu sekitar 2,8% (SNI, 2011).

4.5 Uji Total Mikroba

Total mikroorganisme merupakan indikator terpenting keberhasilan proses pasteurisasi yang dilakukan terhadap susu. Penghitungan jumlah mikroorganisme total dalam susu dilakukan dengan metode *Total Plate Count* (TPC). Mikroorganisme tersebut meliputi bakteri, fungi, protozoa dan virus. Kerusakan susu yang tidak layak konsumsi dapat ditunjukkan dengan meningkatnya jumlah mikroorganisme. Data hasil pengujian total mikroba terhadap susu segar dan susu yang telah dipasteurisasi dapat dilihat pada **Tabel 4.13** dan **Tabel 4.14**

Tabel 4.10 TPC Susu Segar

Perlakuan	Ulangan (log CFU/mL)			Jumlah (log CFU/mL)	Rerata (log CFU/mL) ± SD
	I	II	III		
Susu Segar	5,81	5,54	5,67	17,03	5,68 ± 0,13

Berdasarkan tabel 4.10 terlihat bahwa rerata total mikroba pada susu segar masih dibawah standar yang ditetapkan oleh pemerintah yaitu 6 log CFU/mL sehingga susu tersebut dapat dikatakan memiliki kualitas yang baik. Manajemen pembersihan kandang yang baik dapat menurunkan TPC dan sedimen susu (Kirk, 2005). Selain itu, peralatan pemerahan juga merupakan faktor penting dalam menjaga kualitas susu segar. Jumlah kandungan mikroorganisme pada susu segar merupakan salah satu faktor yang menentukan kisaran waktu antara susu saat pasteurisasi dan diterima konsumen. Susu segar memiliki suhu 37°C yang sangat memungkinkan untuk mikroorganisme berkembang biak (Muchtadi dan Sugiyono, 2010). Untuk menghasilkan susu yang berkualitas dan aman untuk dikonsumsi konsumen, berbagai faktor yang dianggap dapat mencemari

susu harus diperhatikan dan ditangani dengan benar. Proses produksi di tingkat peternak merupakan langkah awal untuk menghasilkan susu. Setiap peternak sapi perah senantiasa harus mengupayakan agar susu yang dihasilkan dapat diproduksi dan dimanfaatkan seutuhnya tanpa ada yang mengalami kerusakan. Salah satu hal yang harus diperhatikan adalah adanya kesadaran akan kebersihan lingkungan yang jika tidak ditangani dengan benar akan menyebabkan adanya kontaminasi dari berbagai mikroorganisme, sehingga akan mempengaruhi kualitas susu. Keadaan lingkungan yang kurang bersih dapat mempermudah terjadinya pencemaran.

Pencemaran dapat berasal dari berbagai sumber seperti kulit sapi, ambing, air, tanah, debu, manusia, peralatan, dan udara (Rombaut, 2005). Menurut Wallace (2008) kontaminasi *raw milk* dapat berasal dari 3 (tiga) sumber yaitu dalam puting, diluar puting dan dari permukaan peralatan penanganan susu. Mikroorganisme dapat mengakibatkan kerusakan susu, menimbulkan penyakit (terutama penyakit saluran pencernaan) bahkan keracunan bagi manusia (Murdiatiet *al.*, 2004).

Mikroorganisme yang sering terdapat pada susu sapi adalah dari famili *Lactobacteriaceae* (*Streptococcus lactis*), famili *Enterobacteriaceae* (*Escherichia coli*) dan *Staphylococcus* (Djaafar dan Siti, 2007). Standar Nasional Indonesia (SNI) tahun 2011 menetapkan cemaran mikroba pada susu segar mempunyai batas maksimum total mikroorganisme (TPC) maksimal 1×10^6 cfu/mL

Tabel 4.11 Rerata TPC Susu Pasteurisasi

Suhu Pengisian (Filling) (T)	Total Mikroba (log CFU/mL)		
	Tanpa Penyimpanan \pm SD (S ₁)	Refrigerator H ₅ \pm SD (S ₂)	Freezer H ₁₀ \pm SD (S ₃)
70 °C (T ₁)	2,45 \pm 0,08	3,26 \pm 0,13	2,62 \pm 0,33
60 °C (T ₂)	2,91 \pm 0,04	4,07 \pm 0,06	2,97 \pm 0,51
50 °C (T ₃)	3,72 \pm 0,03	4,10 \pm 0,05	3,77 \pm 0,05



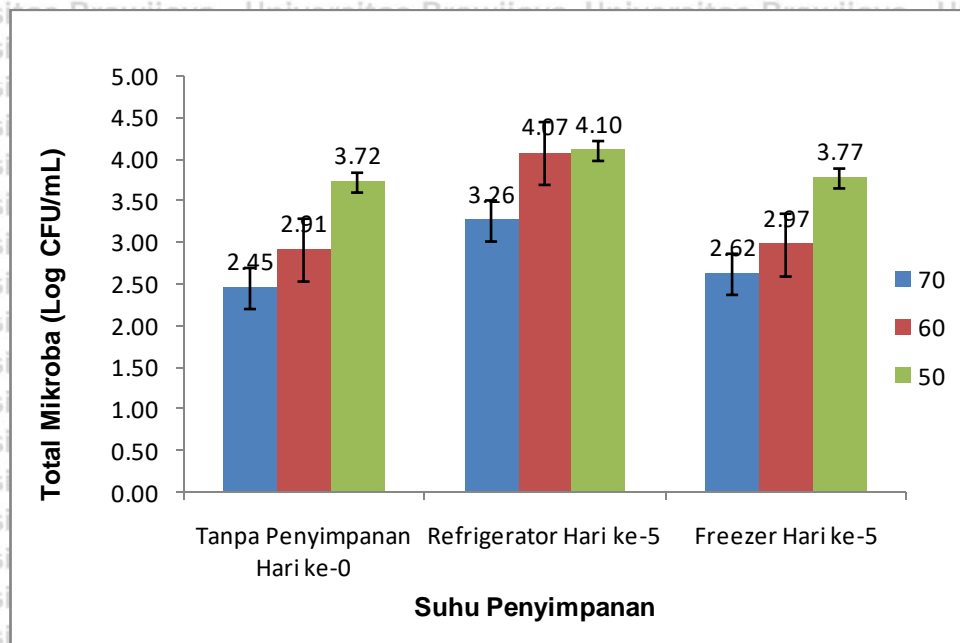
- Keterangan: 1. Data yang diperoleh merupakan rata-rata dari 3 ulangan
2. H_5 merupakan analisa yang dilakukan pada hari ke-5

Berdasarkan tabel 4.20 terlihat bahwa terjadi penurunan jumlah total mikroba susu segar setelah dilakukan pasteurisasi pada sampel tanpa penyimpanan (kontrol). Rerata jumlah total mikroba kontrol pada suhu *filling* 70°C sebanyak 2,45 log CFU/mL, pada suhu pengisian (*filling*) 60 °C sebanyak 2,91 log CFU/mL dan pada suhu pengisian (*filling*) 50°C sebanyak 3,72 log CFU/mL. Hal ini sesuai dengan pernyataan dari Sunarlim dan Widaningrum (2005) bahwa susu yang dipasteurisasi memiliki nilai TPC yang lebih rendah dari susu segar yang disebabkan karena adanya perbedaan ketahanan bakteri terhadap panas.

Proses pasteurisasi merupakan proses pemanasan susu dengan suhu dan waktu tertentu. Pemanasan pada suhu pasteurisasi dimaksudkan untuk membunuh sebagian kuman patogenik dan pembusuk yang ada dalam susu. Menurut Sarinengsih (2009) pasteurisasi susu bertujuan untuk memperpanjang daya simpan susu karena proses tersebut dapat menginaktifkan fosfatase dan katalase yang merupakan enzim-enzim yang dapat mempercepat kerusakan pada susu. TPC yang masih terdapat pada susu pasteurisasi dapat disebabkan oleh ketahanan termotoleran dan spora terhadap suhu pasteurisasi, TPC bahan baku, proses pasteurisasi yang kurang higienis dan kontaminasi setelah pasteurisasi. Beberapa contoh bakteri yang tahan terhadap proses pasteurisasi adalah bakteri asam laktat seperti *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus lactis* dan *Lactobacillus thermophilus*. Jenis-jenis tertentu dari *Micrococcus* juga tahan dan kemungkinan dapat mengakibatkan kerusakan pada susu yang dipasteurisasi. Bakteri pembentuk spora seperti *Bacillus* dan *Clostridium* juga tahan terhadap pasteurisasi dan dapat menyebabkan kerusakan. Kerusakan pada susu pasteurisasi juga dapat disebabkan karena terjadinya kontaminasi pasca proses. Kontaminasi setelah pasteurisasi disebabkan oleh sanitasi kemasan, pada waktu pengisian dan pengepakan susu kurang higienis (Dogan dan Boor, 2003).

Hasil analisa ragam yang telah dilakukan menunjukkan bahwa interaksi antara perlakuan perbedaan suhu *filling* dan suhu penyimpanan yang berbeda berpengaruh nyata ($\alpha=0,05$) terhadap total mikroba dalam susu pasteurisasi.

Data hasil uji TPC susu pasteurisasi dapat dilihat pada **Gambar 4.5**



Gambar 4.5 Rerata TPC Susu Pasteurisasi

Berdasarkan gambar 4.5 tersebut dapat disimpulkan bahwa rerata TPC terbesar terdapat pada sampel susu yang disimpan pada *refrigerator* dengan nilai berturut-turut 3,26 log CFU/mL, 4,07 log CFU/mL dan 4,10 log CFU/mL sedangkan sampel yang disimpan di *freezer* memiliki nilai rerata yang lebih rendah dengan nilai berturut-turut adalah 2,62 log CFU/mL, 2,97 log CFU/mL dan 3,77 log CFU/mL. Hal ini terjadi disebabkan karena suhu rendah dapat menghambat metabolisme dari mikroorganisme sehingga aktivitasnya untuk merusak susu dapat terhambat. Suhu pendinginan dapat mengawetkan bahan pangan karena dapat menghambat kecepatan metabolisme. Pada umumnya, setiap penurunan suhu 10°C kecepatan reaksi akan berkurang menjadi setengahnya dan akan menghambat pertumbuhan mikroorganisme penyebab kebusukan dan kerusakan (Parker, 2003). Jumlah mikroorganisme dalam penyimpanan *freezer* lebih rendah dari *refrigerator* disebabkan karena meskipun keduanya masuk dalam rentang suhu dingin namun suhu *freezer* lebih rendah dari *refrigerator* sehingga kemampuan menghambat metabolisme mikroba lebih baik. Hal ini sesuai dengan literatur yang menyebutkan bahwa suhu rendah dapat digunakan untuk menghambat atau menurunkan pertumbuhan dan aktivitas mikroorganisme dalam makanan (Jay, 2000). Pada suhu lebih dari -18°C kegiatan bakteri ditekan sampai minimum dan bakteri yang tersisa tidak aktif (Yunizal dan Wibowo, 1998). Mikroba yang disimpan pada

refrigerator maupun *freezer* memiliki jumlah yang lebih banyak jika dibandingkan dengan sampel kontrol. Hal ini disebabkan semakin lama waktu penyimpanan, pertumbuhan mikroorganisme juga akan semakin meningkat namun pada penyimpanan *refrigerator* dan *freezer* pertumbuhannya masih dapat diminimalisir. Hasil uji DMRT terhadap perlakuan suhu pengisian (*filling*) dan suhu penyimpanan yang berbeda dapat dilihat pada **Tabel 4.14**

Tabel 4.12 Rerata DMRT TPC

Perlakuan	Rerata (log CFU/mL)	DMRT (5%)
Tanpa Penyimpanan 70°C	2,45 ± 0,07 ^d	
Tanpa Penyimpanan 60°C	2,91 ± 0,33 ^{cd}	
Tanpa Penyimpanan 50°C	3,72 ± 0,51 ^{ab}	
<i>Refrigerator</i> 70°C	3,26 ± 0,08 ^{bc}	0,36-0,41
<i>Refrigerator</i> 60°C	4,07 ± 0,04 ^a	
<i>Refrigerator</i> 50°C	4,10 ± 0,03 ^a	
<i>Freezer</i> 70°C	2,62 ± 0,13 ^d	
<i>Freezer</i> 60°C	2,97 ± 0,51 ^{cd}	
<i>Freezer</i> 50°C	3,77 ± 0,05 ^{ab}	

Berdasarkan Tabel 4.14 dapat dilihat bahwa perbedaan suhu pengisian (*filling*) dan suhu penyimpanan pada susu pasteurisasi memberikan interaksi satu sama lain terhadap total mikroba. Pada perbedaan suhu pengisian (*filling*) suhu 50°C memiliki nilai TPC terbesar yaitu sebesar 3,72 log CFU/mL untuk sampel kontrol; 4,10 log CFU/mL untuk sampel yang disimpan di *refrigerator* dan 3,77 log CFU/mL untuk sampel *freezer*. Hal ini diduga terjadi karena dari proses pasteurisasi selesai hingga proses pengisian (*filling*) suhu 50°C memiliki waktu tunggu yang lebih lama sehingga dimungkinkan terjadinya kontaminasi pada susu selama proses penurunan suhu pengisian (*filling*). Kontaminasi dapat berasal dari lingkungan maupun peralatan-peralatan yang digunakan selama proses produksi. Untuk suhu 70°C memiliki nilai TPC 2,45 log CFU/mL untuk sampel kontrol; 3,26 log CFU/mL untuk sampel yang disimpan di *refrigerator* dan 2,62 log CFU/mL untuk sampel *freezer*. Jumlah tersebut merupakan nilai TPC terendah dari sampel susu pasteurisasi. Hal ini diduga karena pengisian (*filling*) 70°C memiliki waktu tunggu terpendek dibandingkan waktu tunggu suhu

pengisian (*filling*) 60°C dan 50°C sehingga kemungkinan adanya kontaminasi pasca pasteurisasi lebih sedikit yang akan berpengaruh pada nilai TPC susu pasteurisasi.

Berdasarkan rerata dapat dilihat bahwa secara umum pada penyimpanan *freezer* memiliki nilai TPC lebih rendah dibandingkan dengan penyimpanan *refrigerator*. Hal ini disebabkan karena pada suhu lebih dari -18°C kegiatan bakteri ditekan sampai minimum dan bakteri yang tersisa tidak aktif (Yunizal dan Widodo, 1998) sedangkan nilai TPC sampel yang disimpan di *refrigerator* maupun *freezer* lebih tinggi dibandingkan perlakuan sampel tanpa penyimpanan (kontrol). Hal ini disebabkan karena perlakuan kontrol merupakan susu pasteurisasi yang tidak dilakukan penyimpanan pada suhu rendah melainkan langsung dianalisa pada hari yang sama ketika dilakukan proses produksi. Hal ini sejalan dengan pernyataan dari Suhendar (1993) bahwa seiring bertambahnya waktu penyimpanan maka akan menyebabkan pertumbuhan dan aktivitas mikroorganisme dalam susu seperti bakteri pembusuk asam laktat seperti *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus lactis*, dan *Lactobacillus thermophilus*. Menurut SNI (1995) total mikroba maksimal pada susu pasteurisasi adalah sebanyak 4,48 log CFU/mL dan hasil analisa susu pasteurisasi menunjukkan bahwa pada penyimpanan di *refrigerator* maupun *freezer* pada hari ke-5 menunjukkan total mikroba maksimal 4,10 log CFU/mL. Hal ini menunjukkan bahwa kualitas susu pasteurisasi pada hari ke-5 masih memenuhi syarat SNI dan masih layak untuk dikonsumsi.

4.6 Penentuan Perlakuan Terbaik

Penentuan perlakuan terbaik susu pasteurisasi dilakukan dengan menggunakan metode *multiple attribute* (Zeleny, 1982). Perlakuan terbaik ditentukan dengan prosedur pembobotan sesuai nilai ideal dari masing-masing parameter yang diuji. Pengujian perlakuan terbaik dilakukan terhadap parameter pH, viskositas, kadar protein terlarut, kadar lemak serta total mikroba. Perlakuan dengan total nilai L_1 , L_2 dan L_{max} terkecil merupakan perlakuan terbaik dari hasil analisa.

Berdasarkan analisa perlakuan terbaik pada perlakuan kontrol (**Lampiran 9**) diperoleh hasil bahwa suhu pengisian (*filling*) 70°C merupakan perlakuan terbaik dengan nilai total 0,016714. Data hasil analisa dapat dilihat pada **Tabel 4.15**

Tabel 4. 13Perlakuan Terbaik Kontrol

Hasil	T1S1	T2S1	T3S1
L1	0,008333	0,036060	0,072168
L2	0,000047	0,001019	0,004677
Lmax	0,008333	0,036060	0,072168
Total	0,016714	0,073138	0,149014

Sedangkan untuk perlakuan susu pasteurisasi (**Lampiran 9**) diperoleh hasil bahwa kombinasi perlakuan suhu pengisian(*filling*)70°C dan pada penyimpanan freezer merupakan perlakuan terbaik dengan nilai total 0,117635. Data hasil analisa dapat dilihat pada **Tabel 4.16**

Tabel 4. 14Perlakuan Terbaik Susu Pasteurisasi

Hasil	T1S2	T1S3	T2S2	T2S3	T3S2	T3S3
L1	0,122886	0,058214	0,107615	0,08192	0,129682	0,099363
L2	0,004794	0,001208	0,003915	0,002287	0,006431	0,005252
Lmax	0,122886	0,058214	0,107615	0,08192	0,129682	0,099363
Total	0,250565	0,117635	0,219144	0,166127	0,265794	0,203978

Berdasarkan Tabel 4.16 suhu pengisian (*filling*) 70°C merupakan perlakuan terbaik diantara perlakuan yang lain karena pada suhu tersebut, pertumbuhan mikroorganisme pada susu pasteurisasi dapat diminimalisir pertumbuhannya. Hal ini dapat terjadi karena dimungkinkan pada suhu 70°C memiliki waktu tunggu *filling* yang paling singkat sehingga kemungkinan adanya kontaminasi pada susu pasteurisasi lebih sedikit sebelum dilakukan pengemasan. Selain itu penyimpanan freezer juga merupakan perlakuan terbaik diantara penyimpanan suhu refrigerator dan perlakuan kontrol. Hal ini disebabkan karena suhu rendah dapat digunakan untuk menghambat atau menurunkan pertumbuhan dan aktivitas mikroorganisme dalam makanan (Jay, 2000). Suhu rendah juga menghambat beberapa kinerja aktivitas enzimatis yang ada pada bahan pangan

sehingga kemungkinan kerusakan pada bahan pangan dapat diminimalisi dengan penyimpanan di *freezer*. Selain itu, sebagian besar konsumen BBPP cenderung menyukai produk susu pasteurisasi dalam keadaan beku (*freezer*). Hal ini disebabkan karena pada umumnya masyarakat awam menganggap bahwa produk beku dapat menjaga kandungan nutrisi dan memiliki masa simpan yang lebih lama.





V KESIMPULAN DAN SARAN

1.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa interaksi antara suhu pengisian (*filling*) dan suhu penyimpanan yang berbeda hanya berpengaruh nyata terhadap total mikroba susu pasteurisasi sedangkan suhu penyimpanan berpengaruh nyata terhadap protein terlarut. Selain itu, suhu penyimpanan juga berpengaruh nyata terhadap pH, viskositas dan lemak susu pasteurisasi pada analisa data non-parametrik menggunakan uji Kruskal Wallis dan uji lanjut Mann.

Susu pasteurisasi yang dilakukan pengisian (*filling*) pada suhu 70°C dan dilakukan penyimpanan pada *freezer* merupakan sampel perlakuan terbaik dengan nilai pH 6,52, viskositas 4 cP, protein terlarut 0,86%, lemak 3,5% dan total mikroba 2,62 log CFU/mL. Selain itu, perlakuan terbaik pada *freezer* juga disebabkan karena penerimaan konsumen, dimana sebagian besar konsumen di BBPP cenderung lebih menyukai produk susu pasteurisasi beku.

1.2 Saran

1. Melengkapi analisa beberapa parameter penting yang dapat dijadikan acuan kualitas susu pasteurisasi seperti uji protein total, Uji SNF, uji kandungan vitamin dan mineral, uji *coliform* dan uji reduktase.
2. Dilakukan Uji PSD (*Particle Size Distribution*) untuk mengukur perubahan pada susu secara akurat.
3. Sebaiknya dalam pengukuran viskositas menggunakan lebih dari satu rpm (*rate per minutes*)
4. Sebaiknya dilakukan pengukuran/pengontrolan suhu ketika susu keluar dari *homogenizer*
5. Dilakukan pengujian perbandingan secara statistik antara metode pengisian panas (*hot filling*) dan pengisian dingin (*cold filling*) untuk mengetahui metode terbaik yang dapat diterapkan di Balai Besar Pelatihan Peternakan Batu, Malang.

